

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

ZLEPŠOVÁNÍ A DIAGNOSTIKA ELEKTRICKÉHO KONTAKTU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

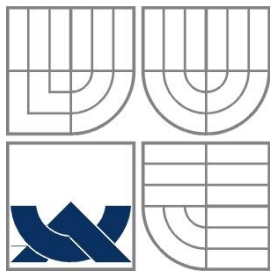
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

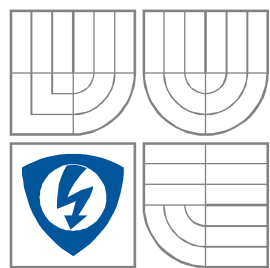
AUTHOR

Branislav Hrdý

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČ-
NÍCH
TECHNOLOGIÍ**
**ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY
A ELEKTRONIKY**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

ZLEPŠOVÁNÍ A DIAGNOSTIKA ELEKTRICKÉHO KONTAKTU

DIAGNOSTIC AND IMPROVEMENT OF ELECTRICAL CONTACT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

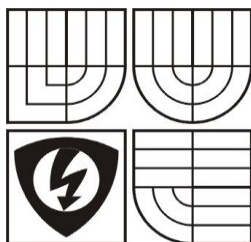
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Branislav Hrdý

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. František Veselka, CSc.

BRNO, 2010



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Silnoproudá elektrotechnika a výkonová elektronika

Student: Branislav Hrdý

Ročník: 3

ID: 119442

Akademický rok: 2011/12

NÁZEV TÉMATU:

Zlepšování a diagnostika elektrického kontaktu

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Analyzujte problematiku elektrického kontaktu z různých hledisek.
2. Vypracujte analýzu a diagnostiku kontaktu podle zadaných parametrů.
3. Vytvořte animaci jednoduchého elektrotechnického modelu podle zadání.
4. Vypracujte vyhodnocení a analýzu získaných údajů.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Termín zadání: 21.9.2011

Termín odevzdání: 31.05.2012

Vedoucí projektu: doc. Ing. František Veselka, CSc.

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor semestrální práce nesmí při vytváření semestrální práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

Abstrakt

Cieľ práce je vytvorenie si prehľadu z oblasti svoriek. Získanie informácií z problematiky konštrukcie, materiálov, z ktorých sú vyrábané elektricky vodivé časti svoriek, spôsobu uchytania svoriek. Ďalej spôsoby konštrukcie a uchytania vodičov vo svorkách. Tieto informácie sú získané z odbornej literatúry alebo poznatkov nadobudnutých počas praktického merania, sledovania analyzovaných svoriek. Ďalším cieľom bolo vytvorenie animovaného 3D modelu svorky s informatívnym pracovným postupom ako názornú ukážku princípu práce svorky. V závere práce sa porovnávajú svorky na základe ich vlastností, skutočností pozorovaných počas merania alebo práce s nimi.

Abstract

The aim of bachelor thesis is create a summary overview of terminals, to obtain information about contruction, materials of the conductive parts of the terminals and its snap methods. The next goal was description of methods of conductors' construction and snap methods of its conductors. All processed information is obtained from the technical literature and from practical knowledge acquired during the measurement and monitoring of analyzed terminals. The final goal was to create an animated 3D model of terminal as a sample of main process of terminals' working principle. In conclusion of this work is comparison of terminals, and their properties, facts observed during measurement or testing.

Kľúčové slová

Svorka, heuristické princípy, prechodný odpor, vodič, skrutka, spôsob uchytenia

Keywords

Terminal, heuristic principles, transient resistance, conductor, screw, method of attachment

Bibliografická citace

HRDÝ, B. *Zlepšování a diagnostika elektrického kontaktu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 67s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. František Veselka, CSc..

Prohlášení

Prohlašuji, že svou semestrální práci na téma Zlepšování a diagnostika elektrického kontaktu jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrální práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené semestrální práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této semestrální práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

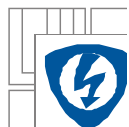
Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu semestrální práce Doc. Ing. Františkovi Veselkovi, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé semestrální práce.

V Brně dne

Podpis autora

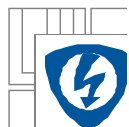


OBSAH

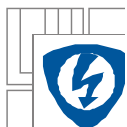
ZOZNAM OBRÁZKOV	8
ZOZNAM TABULIEK.....	11
ÚVOD.....	12
1 ANALÝZA PROBLEMATIKY ELEKTRICKÉHO KONTAKTU Z RÔZNYCH HĽADÍSK.....	13
1.1 MATERIÁLY SVORIEK A VODIČOV	13
1.2 KONTAKT MEDZI SVORKOU A VODIČMI.....	16
1.2.1 SPÔSOB KONŠTRUKCIE SVORKY	17
1.3 SVORKY A PRÍSLUŠENSTVO – TECHNOLOGIE PREPOJOVANÍ – CLIPLINE.....	18
1.3.1 TECHNOLOGIA PRIPOJENIA SKRUTKOU	18
1.3.2 TECHNOLOGIA PRIPOJENIA ŤAŽNOU PRUŽINOU	19
1.3.3 TECHNOLOGIA PRIAMEHO ZÁSUVNÉHO PRIPOJENIA	19
1.3.4 TECHNOLOGIA RÝCHLEHO PRIPOJENIA	19
1.3.5 ROZPOJOVACIE SVORKY	20
1.3.6 NOVÉ MOŽNOSTI POPISOVANIA	21
1.3.7 FUNKČNÉ SVORKY S PRÍPOJKOU PE PRE PRIESTOROVO ÚSPORNÉ UZEMNENIE ALEBO TIENENIE SIGNÁLNYCH VODIČOV	23
2 ANALÝZA A DIAGNOSTIKA ELEKTRICKÉHO KONTAKTU PODĽA ZADANÝCH PARAMETROV.....	25
2.1 MERANIE NA PRÍPRAVKU, DEMONŠTRAČNÉ MERANIE	26
2.2 CHRONOLOGICKÉ USPORIADANIE VÝVOJA UCHYTENIA SVORIEK	27
2.3 HEURISTICKÉ PRINCÍPY.....	28
2.4 ANALÝZA VÝVOJOVO NAJSTARŠEJ MERANEJ SVORKY (SVORKA Č. 1)	32
2.5 ANALÝZA SVORKY, DRUHEJ VÝVOJOVEJ ETAPY (SVORKA Č. 2)	34
2.6 ANALÝZA SVORKY PHOENIX, VÝVOJOVO NAJVYSPELEJŠIA MERANÁ SVORKA (SVORKA Č. 3).....	36
2.7 INÉ TYPY SVORIEK	39
3 TVORBA ANIMÁCIE JEDNODUCHÉHO ELEKTROTECHNICKÉHO MODELU PODĽA ZADANIA.....	41
3.1 VODIČ	41
3.2 TELO SVORKOVNICE	42
3.3 DRŽIAK.....	48
3.4 SKRUTKA DO DRŽIAKA	57
3.5 HLAVNÁ SKRUTKA	59
3.6 TVORBA ANIMÁCIE	62
4 VYHODNOTENIE A ANALÝZA ZÍSKANÝCH ÚDAJOV	64
4.1 ZHODNOTENIE PRÁCE.....	65
5 ZÁVER	66
PRÍLOHY.....	68

ZOZNAM OBRÁZKOV

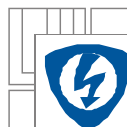
<i>Obr.č. 1 Ukážka skrutkového kontaktu</i>	<i>18</i>
<i>Obr.č. 2 Kontakt ťažnou pružinou</i>	<i>19</i>
<i>Obr.č. 3 Zásuvné pripojenie</i>	<i>19</i>
<i>Obr.č. 4 Znázornenie pripojenia</i>	<i>19</i>
<i>Obr.č. 5 Ľahké a bezpečné rozpojenie.....</i>	<i>20</i>
<i>Obr.č. 6 Bezpečné skratovanie</i>	<i>20</i>
<i>Obr.č. 7 Skupinové označenie pomocou štítkov.....</i>	<i>21</i>
<i>Obr.č. 8 Popisovanie radových svorkovnic</i>	<i>22</i>
<i>Obr.č. 9 Označenie vodiča.....</i>	<i>22</i>
<i>Obr.č. 10 Funkčné svorky s prípojkou PE.....</i>	<i>23</i>
<i>Obr.č. 11 Nožové rozpojitelné svorky s integrovanou PE prípojkou</i>	<i>23</i>
<i>Obr.č. 12 Schéma zapojenia pri meraní prechodného odporu reálnych svoriek</i>	<i>26</i>
<i>Obr.č. 13 Graf závislosti prechodného odporu na uhle natočenia meraného prípravku.....</i>	<i>27</i>
<i>Obr.č. 14 Meraná svorka so skrutkovým uchytением, skorodovaná</i>	<i>32</i>
<i>Obr.č. 15 Graf závislosti prechodného odporu na uhle natočenia celou a jednou časťou svorky 33</i>	
<i>Obr.č. 16 Svorka s pružinovým uchytением</i>	<i>34</i>
<i>Obr.č. 17 Graf závislosti prechodového odporu na uhle natočenia druhej svorky</i>	<i>35</i>
<i>Obr.č. 18 Svorka PHOENIX, dvojvodičová.....</i>	<i>36</i>
<i>Obr.č. 19 Graf závislosti prechodného odporu na uhle natočenia svorky PHOENIX.....</i>	<i>38</i>
<i>Obr.č. 20 Ukážka rôznych typov svoriek</i>	<i>39</i>
<i>Obr.č. 21 Znázornenie síl pôsobiacich na animovanú svorku.....</i>	<i>39</i>
<i>Obr.č. 22 Náčrt.....</i>	<i>41</i>
<i>Obr.č. 23 Vysunutie</i>	<i>41</i>
<i>Obr.č. 24 Voľba materiálu.....</i>	<i>42</i>
<i>Obr.č. 25 Vytvorenie pôdorysu.....</i>	<i>42</i>
<i>Obr.č. 26 Vysunutie pôdorysu</i>	<i>43</i>
<i>Obr.č. 27 Náčrt, modelovanie tela.....</i>	<i>43</i>
<i>Obr.č. 28 Vysunutie náčrtu do tela svorkovnice.....</i>	<i>44</i>
<i>Obr.č. 29 Vytvorenie diery na závit pre hlavný skrutku</i>	<i>44</i>
<i>Obr.č. 30 Úprava tela svorkovnice.....</i>	<i>45</i>
<i>Obr.č. 31 Skosenie vnútornej časti tela svorkovnice</i>	<i>45</i>



<i>Obr.č. 32</i>	<i>Vloženie valca.....</i>	<i>46</i>
<i>Obr.č. 33</i>	<i>Pomocná pracovná rovina pri tvorbe špirály</i>	<i>46</i>
<i>Obr.č. 34</i>	<i>Profil pre špirálu</i>	<i>47</i>
<i>Obr.č. 35</i>	<i>Tvorba, obtočenie špirály.....</i>	<i>47</i>
<i>Obr.č. 36</i>	<i>Vysunutie tela držiaka</i>	<i>48</i>
<i>Obr.č. 37</i>	<i>Tvorba náčrtu</i>	<i>48</i>
<i>Obr.č. 38</i>	<i>Vysunutie a odčítanie kvádra</i>	<i>49</i>
<i>Obr.č. 39</i>	<i>Skosenie plôch</i>	<i>49</i>
<i>Obr.č. 40</i>	<i>Zaoblenie hrán.....</i>	<i>50</i>
<i>Obr.č. 41</i>	<i>Vytvorenie pomocnej skice</i>	<i>50</i>
<i>Obr.č. 42</i>	<i>Vysunutie skice</i>	<i>50</i>
<i>Obr.č. 43</i>	<i>Skosenie</i>	<i>51</i>
<i>Obr.č. 44</i>	<i>Pomocné vysunutie</i>	<i>51</i>
<i>Obr.č. 45</i>	<i>Zrkadlenie zošikmenia</i>	<i>52</i>
<i>Obr.č. 46</i>	<i>Vysunutie plochy, domodelovanie</i>	<i>52</i>
<i>Obr.č. 47</i>	<i>Zrkadlenie zošikmení.....</i>	<i>53</i>
<i>Obr.č. 48</i>	<i>Vysunutie a zčelenie plôch.....</i>	<i>53</i>
<i>Obr.č. 49</i>	<i>Zaoblenie spojov.....</i>	<i>54</i>
<i>Obr.č. 50</i>	<i>Zaoblenie vnútorných spojov zošikmenia</i>	<i>54</i>
<i>Obr.č. 51</i>	<i>Vytvorenie dier</i>	<i>54</i>
<i>Obr.č. 52</i>	<i>Vysunutie na skrutka, závit</i>	<i>55</i>
<i>Obr.č. 53</i>	<i>Skosenie pre hlavu skrutky</i>	<i>55</i>
<i>Obr.č. 54</i>	<i>Diera pre hlavný skrutka</i>	<i>56</i>
<i>Obr.č. 55</i>	<i>Závit v držiaku</i>	<i>56</i>
<i>Obr.č. 56</i>	<i>Vysunutie tela skrutky.....</i>	<i>57</i>
<i>Obr.č. 57</i>	<i>Tvorba závitú</i>	<i>57</i>
<i>Obr.č. 58</i>	<i>Tvorba profilu na rotáciu</i>	<i>58</i>
<i>Obr.č. 59</i>	<i>Rotácia profilu.....</i>	<i>58</i>
<i>Obr.č. 60</i>	<i>Náčrt zárezu hlavičky</i>	<i>58</i>
<i>Obr.č. 61</i>	<i>Vysunutie zárezu.....</i>	<i>59</i>
<i>Obr.č. 62</i>	<i>Tvorba hlavy hlavnej skrutky.....</i>	<i>59</i>
<i>Obr.č. 63</i>	<i>Skosenie hlavy hlavnej skrutky</i>	<i>60</i>
<i>Obr.č. 64</i>	<i>Vysunutie tela hlavnej skrutky</i>	<i>60</i>



<i>Obr.č. 65</i>	<i>Tvorba špirály</i>	<i>60</i>
<i>Obr.č. 66</i>	<i>Tvorba diery na spodnej podstave.....</i>	<i>61</i>
<i>Obr.č. 67</i>	<i>Závit na spodnej podstave</i>	<i>61</i>



ZOZNAM TABULIEK

<i>Tab. č. 1) Všeobecné vlastnosti svoriek</i>	<i>25</i>
<i>Tab. č. 2) Vlastnosti meranej svorky</i>	<i>33</i>
<i>Tab. č. 3) Tabuľka vlastností aplikovaná na svorky s pružinovým uchyténím</i>	<i>35</i>
<i>Tab. č. 4) Vlastnosti meranej svorky PHOENIX</i>	<i>38</i>
<i>Tab. č. 5) Zhodnotenie meraných svoriek.....</i>	<i>64</i>
<i>Tab. č. 6) Namerané hodnoty na prípravku.....</i>	<i>68</i>
<i>Tab. č. 7) Namerané hodnoty svorky č. 1</i>	<i>69</i>
<i>Tab. č. 8) Namerané hodnoty svorky č. 2</i>	<i>69</i>
<i>Tab. č. 9) Namerané hodnoty svorky č. 3</i>	<i>70</i>

ÚVOD

Témou bakalárskej práce je Zlepšovanie a diagnostika elektrického kontaktu. Práca je zameraná na elektrické kontakty, a to konkrétne svorky. Prvá časť práce je zameraná na teoretické oboznámenie sa s danou problematikou. Uvádzajú sa všeobecné informácie o používaných vodičových materiáloch, ďalej je uvedené oboznámenie sa s najnovšími typmi svoriek od firmy PHOENIX contact. Tieto typy svoriek tvoria v súčasnosti vývinový vrchol svoriek ako takých pre rôzne priemyselné odvetvia.

Ďalšia, hlavná časť práce spočíva v praktickom meraní zadaných svoriek a ich analýze podľa smerodatných kritérií a heuristických princípov. Postupnosť svoriek zodpovedá ich historickému vývinu. Súčasťou praktickej tvorby práce je aj vytvorenie animovaného 3D modelu, ktorý slúži ako názorná ukážka možnosti prevedenia svorky. Zložkou tejto kapitoly je taktiež pracovný postup modelovania a animácie svorky.

Poslednú časť práce tvorí sumár získaných informácií. Porovnanie výsledkov práce so svorkami, ich heuristických princípov a potrebné dodatočné informácie, ktorých vedomosť bola nadobudnutá počas vypracovávania, poprípade zhromažďovania informácií potrebných na tvorbu bakalárskej práce.

1 ANALÝZA PROBLEMATIKY ELEKTRICKÉHO KONTAKTU Z RÔZNYCH HĽADÍSK

V tejto kapitole sú nižšie uvedené teoretické fakty a skutočnosti, ktoré bezprostredne súvisia s problematikou moderných svoriek. Nižšie uvedené informácie sa týkajú svoriek od firmy PHOENIX rady CLIPLINE. Ďalej sú uvedené základné znalosti o faktoroch ovplyvňujúcich kvalitu spracovania kontaktov, vhodných druhov materiálov a ich vlastností, ďalej prevedenie svoriek, spôsob zabezpečenia kontaktov, typy konštrukcií kontaktov, atď.

1.1 Materiály svoriek a vodičov

Táto kapitola bola vytvorená z [3].

Materiál svorky

Ako materiál svoriek sa dá použiť teoreticky akýkoľvek elektricky vodivý materiál. Avšak vzhľadom na nároky, ktoré sú kladené na svorky musia byť materiály, z ktorých sú svorky konštruované veľmi dobre elektricky vodivé, pevné, odolné voči vplyvom okolia, nie veľmi ťažké a zároveň lacné. Telo svorky sa vyrába z elektricky nevodivých materiálov napr. tvrdý plast. Vodivé materiály sa používajú na zabezpečenie vodivého kontaktu medzi vodičmi.

Materiál vodičov

V súčasnosti sa používajú hlavne dva materiály, a to konkrétne hliník Al a meď Cu. Ďalšie materiály sa používajú na povrchovú úpravu vodičov, čo zlepšuje ich kvalitatívne vlastnosti (napr. zlato Au).

Vlastnosti hliníkových vodičov

Hliníkové vodiče majú v porovnaní s medenými odlišné vlastnosti. Na tieto skutočnosti musíme pri práci s nimi prihliadať. Je potrebné uvažovať najmä s týmito vlastnosťami:

Merná elektrická vodivosť hliníku $33 \text{ až } 35 \mu\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$ je menšia ako pri medi $56 \text{ až } 57 \mu\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$. V elektrických inštaláciách je obvykle dostačujúce pre rovnaké prúdové zaťaženie, poprípade rovnaké oteplenie zvoliť hliníkový vodič o 1 stupeň väčšieho prierezu ako pri medenom vodiči. S touto skutočnosťou je potrebné uvažovať pri voľbe spojovacieho materiálu (veľkosť pripojovacích svoriek).

Mechanická pevnosť hliníkových vodičov v porovnaní s medenými (pevnosť v ťahu min. 220 MPa) je menšia (70 až 90 MPa mäkkého hliníka na jadrá silových káblov, 90 až 130 MPa polotvrdého hliníku na jadrá izolovaných vodičov a oznamovacích, telekomunikačných káblov, 130 až 170 MPa tvrdého hliníka na jednožilové vodiče PEN a ochranné vodiče), takže hliníkové vodiče sú mäkkšie, a preto je nevyhnutné s nimi pri pretáhaní, vyrovnávaní, ukladaní apod. pracovať opatrne.

Tečenie hliníka je jeho trvale postupujúcou deformáciou pôsobením tlaku, ktoré je tým väčšie, čím je hliník mäkkší a čím je stlačujúca sila väčšia. Ak nie sú použité svorky dostatočne pružné, aby vyrovnávali vplyv tejto deformácie môže ľahko s ďalšími nepriaznivými vplyvmi (oxidácia, rozdielna teplotná rozťažnosť hliníku a materiálu svorky) dôjsť k zmenšeniu styčného tlaku (popríklad k uvoľneniu vodiča vo svorke), a tým k nadmernému zväčšeniu prechodných odporov v spoji, zahrievaniu spoja a k ďalším závažným prevádzkovým poruchám. Tečenie hliníka sa podstatne zmenší, ak sa použije pri montáži spoja predbežná deformácia jadra vodiča (viď ďalej).

Oxidácia hliníkových vodičov je ich ďalšou nepríjemnou vlastnosťou, lebo na povrchu jadra sa pôsobením ovzdušia rýchlo vytvárajú vrstvy kysličníka. Pretože sa podstatne zväčšujú prechodné odpory je potrebné pri montáži spoja vodič od nej očistiť a vhodne konzervovať, čím vrstva kysličníka zabráňuje tvorbe ďalšej korózie.

Elektrochemická korózia nastáva pri styku hliníka s inými kovmi za prítomnosti elektrolytu (vlhký vzduch, morská voda, kyseliny, lúhy apod.), hygroskopického prachu alebo splodín korózie apod. Pretože sa hliník v väčšine kovov správa ako elektropozitívny je vo väčšine prípadov styku s inými kovmi narušovaný. Pri dlhšie trvajúcom pôsobení vlhkosti na spoj môže ľahko dôjsť aj k porušeniu vodiča.

Prednosťou hliníkových vodičov je to, že hliník nevytvára splodiny pri horení (takže sa oblúky pri skratoch lokalizujú) je ľahký a ľahko spracovateľný (ohýbaním, rezaním, vŕtaním a pod.) je pomerne ľahko zvárateľný aj v najväčších prierezoch (skrútkové spoje sa dajú v mnohých prípadoch nahradiť spoľahlivejšími spojmi zvárateľnými) a čistý hliník odoláva dobre korózii (v mnohých prípadoch lepšie ako meď – je napr. vhodný do prostredia s parami dusičnanov).

Hliník-Al

Má 1,6 krát väčší odpor ako meď, z tohto dôvodu musí byť pri náhrade medeného vodiča hliníkovým použitý 1,6 krát väčší prierez, čo znamená 1,27 krát väčší priemer. Jeho hmotnosť oproti medi je polovičná. Je lacnejší ako meď, ale má horšie mechanické vlastnosti. Spoj dotiahnutý skrútkou má snahu sa následkom tečenia hliníku uvoľňovať a vzniká na ňom prechodný odpor. Preto je nutné používať na silnoprúdové hliníkové vodiče vhodné typy svoriek (pružné kontakty). Vonkajšie vedenie sa z mechanických dôvodov vyrába s hliníkovým plášťom a oceľovým jadrom. Na vzduchu je stály, pretože sa na jeho povrchu vytvára ochranná vrstva kysličníka. Eloxovaním sa na jeho povrchu pomocou elektrického prúdu a kyselín táto vrstva zosilní. Súčasne môžeme pridaním vhodných prímies meniť farbu. Hliník sa dá zväť v ochrannej atmosfére a pri dodržaní vhodného postupu aj spájať. Čistý hliník je veľmi mäkký. Vhodnými prísadami (horčík, mangán, železo a meď) sa zvýši jeho mechanická pevnosť. Hliník môže byť mäkký, polotvrdý alebo tvrdý. S rastúcou tvrdosťou ale klesá ohybnosť, pri ohybe 90° môže prasknúť.

Výhody

- ✓ Cena
- ✓ Dobré tváriteľný

Nevýhody

- ✖ Rýchlo sa láme
- ✖ Nízka pevnosť, životnosť

Med' Cu

Má vysokú elektrickú aj tepelnú vodivosť. Pridaním prímiesí sa merný odpor zvyšuje, na jej povrchu vzniká červená vrstva kysličníkov, ktorá chráni povrch pred koróziou. Má dobré mechanické vlastnosti, tvárna za studena aj za tepla. Podľa mechanických vlastností sa delí na mäkkú (ohybná, káble, šnúry, vinutia), polotvrdú a tvrdú (vodiče veľmi vysokého napätia). Nie je odolná voči kyselinám. Dobré sa spája a zvara.

Bronz

Zliatina medi a cínu, hliníka, kremíka alebo berýlia. Cínový bronz je zliatina medi a 20% cínu. Pridanie fosforu (0,3%) zvýši jeho tvrdosť a odolnosť proti korózii. Dobré sa spája, používa sa na kontakty.

Mosadz

Zliatina medi a 40% zinku, pružná, odolná voči korózii, používa sa na elektroinštalačný materiál. Jej výhodou je veľká ťažnosť, ľahko sa rozpracováva lisovaním. Označuje sa Ms, Ms 63 (63% Cu) sa používa na objímky žiaroviek a je súčasťou vypínačov. Špeciálne mosadze (niklové, cínové) sú odolné proti korózii. Niektoré typy mosadzí (Ms54) sa používajú ako tvrdá spájka (teplota tavenia 750 °C) pre spájkovanie medi, mosadze a ocele.

Výhody

- ✓ Životnosť
- ✓ Pevnosť
- ✓ Neláme sa
- ✓ Odolnosť voči korózii

Nevýhody

- ✖ Cena
- ✖ Ťažká tvárnosť

Striebro

Je najlepším vodičom elektrického prúdu a tepla. Pre svoju vysokú vodivosť sa používa k postriebreniu vysokofrekvenčných obvodov, napríklad postriebrený drôt alebo dutiny rezonátorov. Zo zliatin striebra sa vyrábajú kontakty a vodivé spájky.

Výhody

- ✓ Výborný vodič prúdu, tepla

Nevýhody

- ✖ Cena
- ✖ Výborný vodič tepla

Zlato

Odolné voči korózii, dobre zlievateľné, tvárne, dá sa dobre spracovávať ťahaním aj valcovaním. Používa sa na kontakty a tenké prepožiovacie vodiče vnútri integrovaných obvodov.

Výhody

- ✓ Odolnosť voči korózii
- ✓ Zlievateľné
- ✓ Tvárne

Nevýhody

- ✗ Cena

Ďalej sa používajú tieto vodivé materiály: cín, nikel, titán, kobalt, chróm, platina, paládium, irídium, železo,...

1.2 Kontakt medzi svorkou a vodičmi

Pri tvorbe tejto kapitoly bolo čerpané z [2] a [3]. Kontakt je zabezpečený v prípade veľkých svorkovnic skrutkovým kontaktom, kde pomocou tlaku a prítlačnej sily je uchytený vodič a zároveň je zabezpečený kontakt. Kontakt môže byť samozrejme zabezpečený aj inými spôsobmi, a to konkrétne:

- *Svorkovnica so skrutkovými svorkami*- odizolovaný koniec vodiča s plným jadrom alebo s nalisovanou koncovkou sa vloží pod hlavu skrutky a utiahne.
- *Svorkovnica s pružinovými svorkami*- odizolovaný koniec vodiča, prípadne lanový vodič s nalisovanou dutinkou sa zasunie do pružinovej svorky. Svorky s nulovou zasúvacou silou obsahujú mechanizmus, ktorý po zasunutí vodiča stlačí pružinu a zaistí tak vodič proti vytiahnutiu. Zasunutie vodiča je možné bez príslušenstva, vysunutie vodiča pomocou napr. skrutkovača.
- *Zárezová svorkovnica*- izolovaný vodič sa vloží do zárezu v kontakte a špeciálnym nástrojom sa zatlačí do zúženej časti zárezu. Ostrá hrana prereže izoláciu a povrchovú vrstvu vodiča. Vytvorí tak plynutesný spoj. Toto spojenie vyžaduje použitie presne špecifikovaného vodiča a nedá sa bez poškodenia vodiča rozobrať. Bežne sa využíva pri dátových kábloch, na pripojenie krútenej dvojlinky.
- *Svorkovnica s plochými kolíkmi*- v telese svorkovnice sú kolíky – FASTONY. Na ne sa nasúvajú vodiče s nalisovanými dutinkami. Hlavné využitie je v motorových vozidlách a v tzv. bielej technike.
- *Spájkovaná svorkovnica*- používa sa izolant s prinitovanými spájkovanými očkami.

Základné pokyny pre správne prevedenie spojov

Spoje vodičov musia byť urobené tak, aby bol zaručený stály a spoľahlivý vodivý styk spojovaných vodičov bez nadmerných prechodových odporov (majú byť čo najmenšie), aby neboli ohrozené osoby alebo okolie a aby nenastali prevádzkové poruchy v dôsledku chybných spojov. Preto je nutné dbať na to, aby spoje boli uskutočnené čo najspoľahlivejšie a mali po skončení montáže žiadané vlastnosti. Tiež je nutné venovať pozornosť správne zaobchádzaniu s vodičmi a spojovacím materiálom a dbať pri tom na to, aby bol vždy použitý vhodný a vyhovujúci materiál. Pri spájaní hliníkových vodičov je nevyhnutné mať stále na pamäti zvláštne vlastnosti týchto vodičov. Pri práci s hliníkovými vodičmi je potrebné mať na pamäti odlišné vlastnosti hliníku v porovnaní s meďou a prispôbiť tomu spôsob práce. Preto je potrebné byť oboznámený s týmito zásadami a pokynmi:

- a) Používanie hliníkových vodičov s prierezom od 16mm^2 vyššie v elektrických zariadeniach nepovažovať len za provizórnu a menejcennú náhradu medených vodičov, pretože hliníkové vodiče sa v týchto prípadoch používajú ako rovnocenné medeným vodičom.
- b) Pre spájanie hliníkových vodičov voliť podľa daných podmienok tepelné alebo mechanické spôsoby.
- c) Všetky montážne práce spojené so spajovaním, odbočovaním a pripojovaním robiť vždy precíznejšie ako pri medených vodičoch.
- d) Dbať na to, aby použité hliníkové vodiče a spojovací materiál (svorky, spojky) vyhovovali príslušným požiadavkám, aby sa používali len správne montážne nástroje a pomôcky.
- e) Obaly a izoláciu hliníkových vodičov opatrne odstráňte, aby sa jadro vodičov nepoškodilo a jadro vodiča je nevyhnutné očistiť, poprípade konzervovať.
- f) Pri svorkovom spojení (pripojení) zovrieť v svorke hliníkové vodiče dostatočným tlakom, aby vznikol čo najmenší prechodový odpor spoja, pritom však nesmie na vodič pôsobiť nadmerný tlak, spôsobujúci tiež tečenie prúdu, ktoré by svorka vlastnou pružnosťou nemohla vyrovnať.
- g) Pri vlastnom prepojení, spajovaní a odbočovaní hliníkových vodičov postupovať tak, aby boli využité všetky výhody danej svorky.
- h) Pri montáži využiť možnosti, ktorými sa dá zväčšiť spoľahlivosť spojov, a tým zaistiť bezpečnosť prevádzky elektrických zariadení.
- i) V priestoroch vlhkých a mokrých urobiť účinné opatrenia proti vzniku a pôsobeniu elektrochemickej korózie.

1.2.1 Spôsob konštrukcie svorky

Lustrová svorkovnica alebo tiež lámajúca sa svorkovnica. Vodiče sa prepájajú vo vnútri mosadznej trubičky s dvoma skrutkami. Každá skrutka priťahuje svoj koniec vodiča. To celé je zabalené do izolačného plastu. Jednotlivé svorky sú spojené úzkymi mostíkmi s otvorom na upevňovaciu skrutku, ktorý sa dá nožom oddeliť a použiť potrebný počet svoriek. V bežnom prevedení je 12 svoriek. Výhodne sa používa pre skúšobné alebo experimentálne zapojenie. Vyrába sa niekoľko veľkostí pre rôzne prierezy vodičov. Existuje tvarovo rovnaká, dvoj alebo trojpólová svorkovnica v izolačnom teliesku z elektrotechnického porcelánu. Využíva sa pre pripojenie prísadených svietidiel pre lepšiu tepelnú odolnosť.

Radová svorkovnica zložená z jednotlivých svoriek nasadených na nosnej lište. Používa sa najmä v rozvádzačoch, preto sú svorky určené k osadeniu na lištu, rovnako ako modulárne prístroje (ističe, stykače, chrániče). Kompletizácia rozvádzačov sa prevedie vrátane vydrôtovania v dielni a vodiče sa zakončia práve na radových svorkách. Na svorky sa potom už len pripoja káble, ktoré sú v stenách, žľaboch alebo v lištách. Svorky sa vyrábajú podľa prúdového zaťaženia v niekoľkých veľkostiach, v rôznych farbách a s rôznymi doplnkami. Na svorke je väčšinou plocha určená na popis. Radové svorkovnice môžu mať skrutkové alebo pružinové svorky.

Svorkovnica do plošných spojov. Jednu stranu zo svorkovnice tvoria kolíky pre zapájanie do otvorov alebo kontaktnej plochy na montáž. Druhú stranu svorkovnice tvoria pružinové alebo skrutkové svorky na jednotlivé vodiče.

Prístrojové svorkovnice sú vyrobené ako súčasť krytu elektrického zariadenia. Pri elektromotoroch sú to často svorníky pre pripojenie vodiča s nalisovanými okami alebo strmeňové svorky pre pripojenie odizolovaného konca vodiča. Modulárne prístroje do rozvádzačov majú skrutkové alebo pružinové svorky. Na automobilovom príslušenstve (svetlomety, skupinové svietidlá) sú prístrojové svorkovnice realizované z plochých kolíkov - FASTON-ov.

1.3 Svorky a príslušenstvo – technológie prepojovaní – CLIPLINE

Pri spracovaní tejto kapitoly bolo čerpané z [1]. Pri systéme svoriek a príslušenstva CLIPLINE complete máte možnosť voľby ľubovoľnej technológie pripojenia. Nezáleží na tom, či sa rozhodnete pre pripojenie skrutkou, ťažnou pružinou, Push-In (vtlačenie dovnútra), rýchle pripojenie alebo pripojenie na svorník, pri rovnakom príslušenstve sa dajú všetky technológie pripojenia medzi sebou a navzájom ľubovoľne kombinovať pomocou dvojitej šachty pre mostík. Pre všetky technológie pripojenia sú k dispozícii prepojovacie prvky v rôznych prevedeniach (priechodné, odbočnej, poschodové alebo viacvývodovej svorkovnice, rozpojovacie a meracie svorkovnice, základne pre konštrukčné prvky).

Inovatívna technológia svorkovníc pre priechody stenou a pripojenie výstupu transformátorov završuje výrobný program.

1.3.1 Technológia pripojenia skrutkou



Obr.č. 1 Ukážka skrutkového kontaktu

Univerzálna v každej aplikácii. Táto charakteristická vlastnosť technológie pripojenia skrutkou je zdôraznená možnosť pripojenia viacerých vodičov a maximálnymi silami tvoriacimi kon-

taktný spoj. Technológia pripojenia skrutkou je celosvetovo známa a prijímaná a vďaka tomu je možné ju použiť kdekoľvek.

1.3.2 Technológia pripojenia ťažnou pružinou



Obr.č. 2 *Kontakt ťažnou pružinou*

Osvedčená technológia pripojenia pri aplikáciách citlivých na vibrácie. Nezávisle na vplyve obsluhy vyvíja pružina stále rovnakú, konštantnú silu na vodič. Jednoduché pripojenie sa uskutočňuje prostredníctvom priestorovo úsporného zapojenia spredu.

1.3.3 Technológia priameho zásuvného pripojenia



Obr.č. 3 *Zásuvné pripojenie*

Plné vodiče sa zasunú jednoducho priamo do svorky, to je charakteristická vlastnosť technológie priameho pripojenia. Skrutkovač sa používa iba na povolenie vodiča. Výhoda priameho zapojenia spočíva v realizácii v ťažko dostupných priestoroch.

1.3.4 Technológia rýchleho pripojenia



Obr.č. 4 *Znázornenie pripojenia*

Pripojenie vodiča je možné bez odstránenia izolácie. Technológia rýchleho pripojenia zaručuje výrazné skrátenie doby pripojovania až o 60%. Vodič sa pripojuje ľahko, bezpečne a rýchlo jediným pootočením skrútkovača.

1.3.5 Rozpojovacie svorky

Nové patentované rozpojovacie svorky v systéme CLIPLINE complete dovoľujú jednoduchú a individuálnu konštrukciu meracích súprav s transformátormi prúdu. Rozpojovacie, priechodné a PE svorkovnice rovnakého tvaru sú v ponuke rôznych technikách pripojenia. Rozpojovacie svorky sa vyznačujú kompaktným prevedením, ľahkým ovládaním a prehľadnosťou.



Obr.č. 5 Ľahké a bezpečné rozpojenie

Pozdĺžny odpojovač vytvorí kontakt a bezpečné zaistenie v príslušnom spínacom stave.



Obr.č. 6 Bezpečné skratovanie

Bezpečné skratovanie pomocou štandardných zásuvných mostíkov zo systému CLIPLINE complete a komfortne pomocou spínacích mostíkov nového typu. Sú 2,3 a 4-pólové prevedenia.

Ďalšie výhody:

- Šesť priestorov pre funkčný prvok pre neobmedzenú flexibilitu
- Tvarovo rovnaké svorkovnice PE pre komfortné uzemnenie do hviezdy vo svorkovnici.
- Flexibilne použiteľné príslušenstvo. Mostíkové, skúšobné a spínacie príslušenstvo je možné používať ľubovoľne v priestoroch pre funkčný prvok.

1.3.6 Nové možnosti popisovania

Štítok

Pomocou nových nosičov štítkov *CARRIER-EMLP* môžete popísať tlačítka a prepínače úplne jednoducho samolepiacimi etiketami alebo gravírovanými štítkami. *CARRIER-EMLP* vhodné pre ovládania s priemerom 22mm. Nosiče štítkov pre etikety sú k dispozícii v týchto veľkostiach:

- 27 x 8,0 mm
- 27 x 12,5 mm
- 27 x 15,0 mm
- 27 x 18,0 mm
- 27 x 27,0 mm

Skupinový označovací adaptér

Vzhľadom na úsporné opatrenia pri označovaní svoriek je možnosť pripevnenia stredného označovacieho štítku.



Obr.č. 7 Skupinové označenie pomocou štítkov

Adaptér štítkov

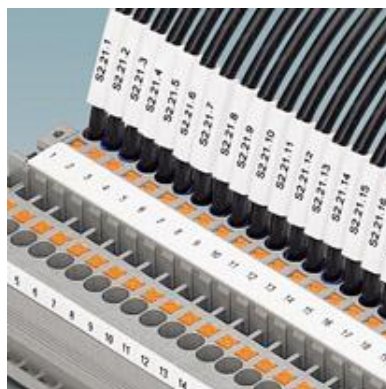
Popisované plochy označovacích štítkov radových svorníc rozšírime pomocou adaptérov štítkov *CARRIER-TM 300* a *CARRIER-TMD 300*. *CARRIER-TM 300* sa používa v bočnej plochej drážke označovacích štítkov, aby sa zväčšilo popisovanie na štandardný rozmer označovacieho štítku. *CARRIER-TMD 300* sa upevňuje do stredovej drážky označovacieho štítku radových svorníc, týmto typom adaptérov vytvoríte dva rady svorníc s možnosťou vytvorenia popisov. Oba typy adaptérov sú rovnako dlhé 300mm.



Obr.č. 8 Popisovanie radových svorkovnic

Popisovače

Používajú sa zväčša pri označovaní vodičov s priermi v rozmedzí 1,3-4,9mm. Popisovače sú odolné voči vibráciám a iným nežiadúcim vplyvom. Dĺžky popisovačov sa pohybujú od 12 do 21mm v siedmych rôznych farebných prevedeniach. Pomocou zariadenia, na to určeného, je možnosť umiestniť popisovače aj na vopred zapojené vodiče. Vhodné pre dodatočné sprehľadnenie.



Obr.č. 9 Označenie vodiča

Popisky prístrojov

Používajú sa obzvlášť pri sprehľadnení boxov elektroniky, zásuviek rozvádzačov a napájacích svoriek. Sú k dispozícii v bielej a žltej farbe.

Popiska

Používajú sa pri potrebe zvlášť pevného uchytenia popiskov na prístrojoch. Je možné ich vidieť napríklad na asynchrónnych strojoch, transformátoroch,... Sú vyrobené s otvormi, ktoré slúžia na uchytenie buď skrutkami alebo nitmi. K dispozícii od firmy Phoenix contact sú vo veľkosti 50x15mm a 50x30mm, a to v bielej, žltej a striebornej farbe.

Možnosti popisovania

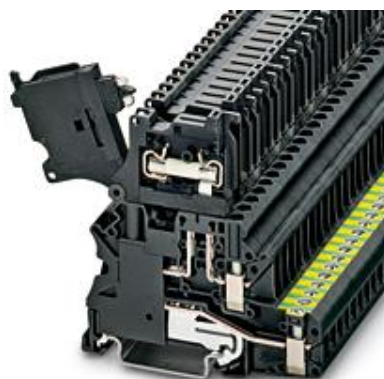
Všeobecne je možnosť vytvárať popisky dvoma metódami, a to konkrétne vysokovýkonným systémom tlače BLUEMARK alebo plotrom. Pri využití BLUEMARK, ktorá pracuje s UV-LED technológiou tlače je popisok vysoko rezistentný a vzhľad písma je prvotriedny.

1.3.7 Funkčné svorky s prípojkou PE pre priestorovo úsporné uzemnenie alebo tienenie signálnych vodičov

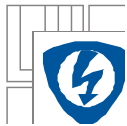
V niektorých priemyslových odvetviach a oboroch ako napr. rafinériách ropy a plynu alebo vrtných základniach nie sú akceptované dvojposchodové a viacposchodové svorkovnice. Pokiaľ je aj napriek tomu stanovená požiadavka, možnosť pripojenia pre uzemnenie, alebo tienenie je riešením novej funkčnej svorky s osvedčenou technológiou skrutkového pripojenia a s jednostranne integrovanou prípojkou PE. Pre pripojenie tieneného kábla s krúteným párom Twisted Pair, napr. pre signály prúdových obvodov sú potrebné podľa obvyklej metódy kabeláže tri svorky. A to dve priechodné a rozpojovacie svorky pre signál a svorka PE pre prípojkku tienenia. Túto úlohu je možné zrealizovať iba pomocou dvoch svoriek, a to jednej funkčnej svorky s PE prípojkou a s jednou ďalšou štandardnou prechodnou svorkou.



Obr.č. 10 Funkčné svorky s prípojkou PE



Obr.č. 11 Nožové rozpojiteľné svorky s integrovanou PE prípojkou



V ponuke sú jednoposchodové svorky s prípojkou PE:

- Nožové rozpojiteľné svorky so skrutkami pre skúšobnú dierku základnej svorky na zasúvanie rozpojiteľných, konštrukčných alebo poistkových zástrčiek so skrutkami pre skúšobnú dierku.
- Svorky s diódou so skrutkami pre skúšobnú dierku.
- Výklopné poistkové svorky s páčkou so svetelnou signalizáciou alebo bez nej.
- Rozpojovacie svorky s páčkou tvarovo zhodné s výklopnými poistkovými svorkami s páčkou

Možnosti kombinácií

Funkčné svorky s prípojkou PE sa dajú ideálne kombinovať s tvarovo zhodnými prechodnými svorkami, nožovými rozpojiteľnými svorkami a so základnými svorkami. Sú obojstranne uzavreté, čím odpadáva použitie dodatočných krycích prvkov. Dá sa tiež použiť známe príslušenstvo CLIPLINE complete ako mostíky, skúšobné, rozpojiteľné, poistkové zástrčky alebo adaptéry pre elektronický prvok.

2 ANALÝZA A DIAGNOSTIKA ELEKTRICKÉHO KONTAKTU PODĽA ZADANÝCH PARAMETROV

V tejto kapitole sú uvedené fakty získané praktickým meraním prechodného odporu rôznych typov svoriek. Svorky, na ktorých bolo uskutočnené meranie boli rôznej konštrukcie, typu a prevedenia. Meranie na daných prvkoch bolo „chronologické“, čo sa týka vývoja svoriek. Týmto učením bol vytvorený prierez rôznymi typmi svoriek a výsledkom týchto meraní je vytvorenie širšieho prehľadu, čo sa týka problematiky svoriek. Ďalej sú uvedené heuristické princípy, podľa ktorých bola urobená analýza niektorých svoriek. Cieľom praktickej časti bakalárskej práce bolo premeranie, pozorovanie požadovaných a nežiaducich vlastností jednotlivých svoriek. Zdôvodnenie jednotlivých vlastností svoriek je uvedené pri vyhodnotení jednotlivých meraní.

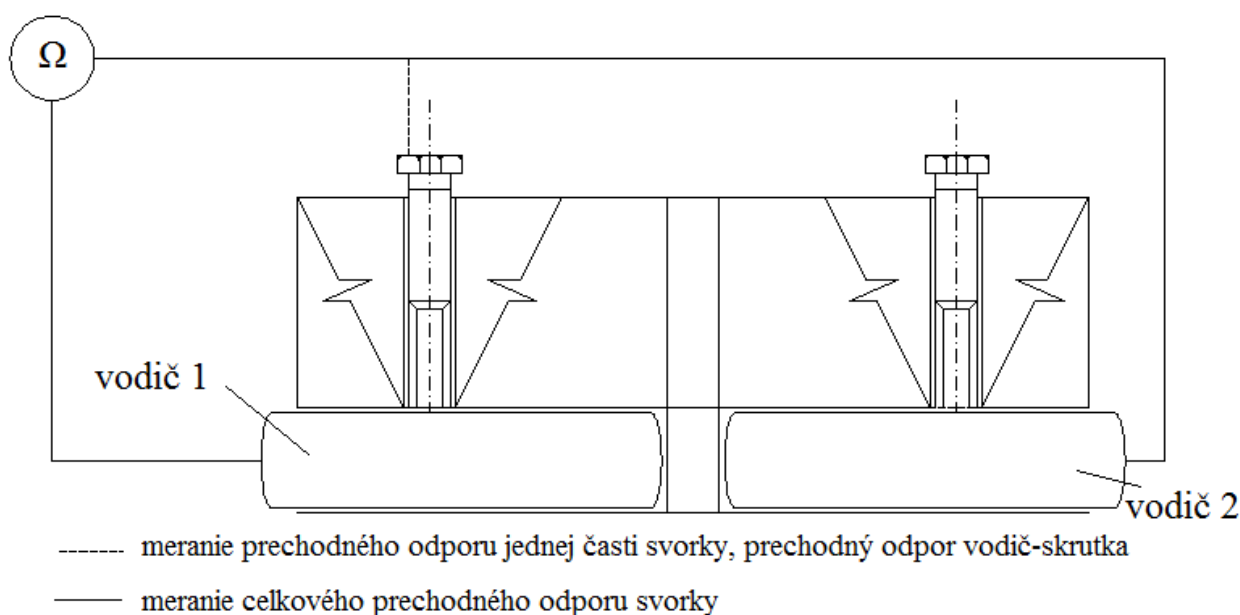
V tab.č. 1) sú uvedené požadované a nežiaduce vlastnosti svoriek. Gro pri vytváraní nových svoriek je zabezpečiť, čo možno najviac žiaducich a minimum nežiaducich vlastností, čiže ideálnosť svorky. Táto tabuľka je aplikovaná na merané a analyzované svorky.

Tab. č. 1) Všeobecné vlastnosti svoriek

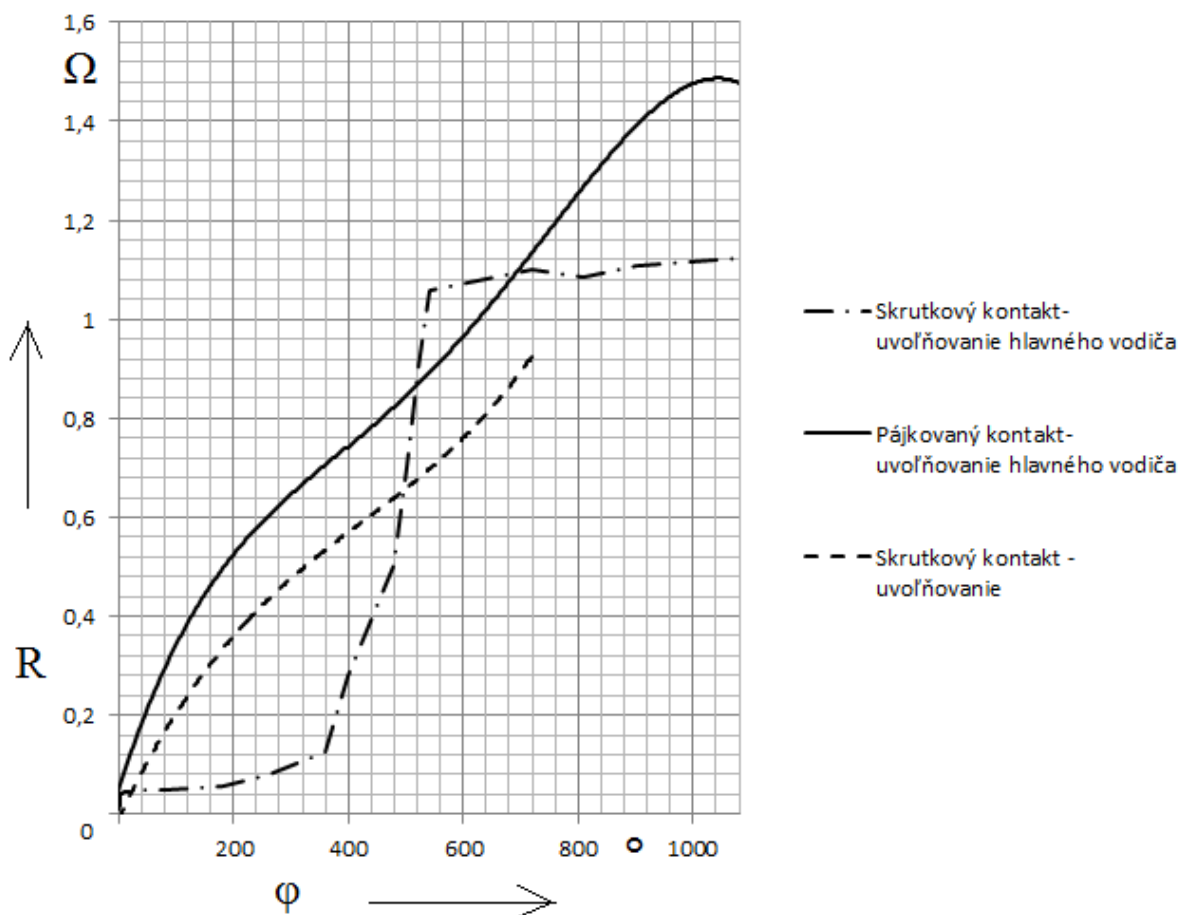
Požadované vlastnosti		Nežiaduce vlastnosti	
		Elektrické	Mechanické
1	Minimálny prechodný odpor	Vysoký prechodný odpor	Mäkkosť materiálu svorky
2	Jednoduchá manipulácia	Otepľovanie svorky	Deštrukcia
3	Odolnosť voči korózii	Nedokonalosť kontaktného spoju	Korózia
4	Odolnosť voči vplyvom okolia	Nesprávne prevedenie kontaktu	Uvoľňovanie vodičov
5	Ideálnosť kontaktu	Nízka životnosť	Uvoľňovanie uchytienia svorky
6	Bez pohybové uchytienie vodiča		
7	Jednoduché a trvalé upevnenie svorky		
8	Materiál kontaktných plôch lacný a dobre vodivý		
9	Životnosť		
10	Nízka cena		

2.1 Meranie na prípravku, demonštračné meranie

Meranie bolo uskutočnené prvotne na prípravku ochrannnej svorky v laboratóriách určeného k meraniu prechodného odporu spájkovaného a skrutkovaného spoju. Hlavný vodič je uchytený veľkou skrutkou. Z tejto skrutky je kontakt ďalej vyvedený na dva typy kontaktov, a to na kontakt skrutkový a kontakt spájkovaný. Meranie prebiehalo v prvej fáze uvoľňovaním hlavnej skrutky. To znamená uvoľňovaním hlavného „prívodného vodiča“. Počas uvoľňovania hlavnej skrutky bola meraná závislosť prechodného odporu na uhle natočenia hlavnej skrutky skrutkového a spájkovaného kontaktu. Podľa teoretických vedomostí je prevedenie spájkovaného kontaktu z hľadiska prechodného odporu výhodnejšie ako prevedenie skrutkového kontaktu. Samozrejme za predpokladu dosiahnutia, čo možno najideálnejších podmienok a najideálnejšieho prevedenia. Z grafu je evidentné, že priebeh grafu závislosti prechodného odporu na uhle natočenia hlavnej skrutky spájkovaného kontaktu je strmší ako priebeh skrutkového kontaktu. Tento fakt je zapríčinený rôznymi, pri meraní neovplyvniteľnými okolnosťami. Konkrétne prevedenie spájkovaného kontaktu bolo na príliš veľkej ploche a zároveň nie rovnomerné, samozrejme v niektorých častiach je možnosť studeného spoju. Tieto a iné okolnosti výrazne ovplyvnili výsledok merania. V druhej fáze bola meraná závislosť uhlu natočenie respektíve uvoľňovanie skrutky na skrutkovom kontakte. Toto meranie je presnejšie vzhľadom na prevedenie meraného kontaktu. Hlavnou príčinou nepresnosti tohto aj ostatných meraní je metóda merania, kde bolo meranie prechodného odporu uskutočňované pomocou hrotových vodičov. Ideálnosť respektíve presnosť merania by bola ideálna pokiaľ by meranie každej svorky bolo uskutočnené na presne tom istom mieste svorky, kontaktu a uhol priloženia hrotu merača bol rovnaký počas celého merania ako na spájkovanom tak na skrutkovom kontakte.



Obr.č. 12 Schéma zapojenia pri meraní prechodného odporu reálnych svoriek



Obr.č. 13 Graf závislosti prechodného odporu na uhle natočenia meraného prípravku

Priebeh, charakteristika prechodného odporu má lineárnu tendenciu. Teda logicky s uvoľňovaním skrutky, ktorá pôsobí prítlačnou silou na vodič sa znižujú stykové plochy, a teda sa zvyšuje prechodný odpor. Meranie obsahuje nepresnosti, ktoré boli zapríčinené nie veľmi presnou meracou metódou. Na prechodný odpor majú vplyvy rôzne okolnosti, ktoré sú uvedené v tab.č. 1).

2.2 Chronologické usporiadanie vývoja uchytenia svoriek

Druhy uchytení svoriek

a) Uchytenie skrutkami

Zaraďuje sa medzi počiatočné riešenia uchytenia svoriek. Na lištu sú svorky uchytené skrutkami. Je to prvotné riešenie uchytenia, samozrejme aj najjednoduchšie, avšak má mnoho negatívnych vlastností. Na skrutky pôsobí okolie, opotrebovávajú sa, korodujú, pri nestabilnom prostredí sa môžu uvoľňovať. (vid' Obr.č.13)).

b) Uchytenie pomocou pružín na lište

Tento spôsob uchytenia bol vyvinutý zo spôsobu uchytenia skrutkou. Princíp funkcie spočíva v uchytení svorky na lištu pomocou vonkajšej konštrukcie svorky, v ktorej je umiestnená pružina. Funkciou pružiny je využitie „odtlačnej“ sily pružiny, ktorá pôsobí v opačnom smere ako pôsobí svorka na lištu a zabezpečuje tak svorky voči uvoľneniu (viď *Obr.č.15*).

c) Uchytenie dynamické

Je najmodernejší spôsob, čo sa uchytenia svoriek týka. Princíp uchytenia spočíva hlavne vo voľbe materiálu. Keďže prevedenie modernej PVC má výhodu v ohybnosti a zároveň v pevnosti. Uchytenie spočíva v „pricvaknutí“, uchytenia pomocou dynamického nasunutia svorky na lištu (viď *Obr.č.17*).

2.3 Heuristické princípy

Heuristické princípy čerpané z [4], ďalej HP, patria medzi súčasť metodiky tvorby a riešení inovácií v technických oblastiach. HP sa zaoberajú riešením administratívnych, technických a fyzikálnych rozporov. Pri technických riešeniach sa pri zlepšovaní jednej vlastnosti obmedzuje, zhoršuje iná vlastnosť. HP slúžia na zamedzenie tohto javu a zároveň dosiahnutiu maximálneho počtu žiaducich a minimum nežiaducich vlastností. Nižšie sú uvedené HP a ich principiálny charakter.

1) PRINCÍP DROBENIA

- Rozdeliť objekt (alebo jeho časť) na nezávislé časti.
- Riešiť objekt ako demontovateľný alebo odnímateľný.
- Zvýšiť stupeň drobenia objektu (miniaturizáciou častí).

2) PRINCÍP ODDELENIA

- Oddeliť od objektu rušivú časť (rušivú vlastnosť).
- Vybrať z objektu potrebnú časť (potrebnú vlastnosť).

3) PRINCÍP MIESTNEJ KVALITY

- Prejsť od rovnorodéj štruktúry objektu alebo vonkajšieho prostredia (vonkajšie pôsobenie) ku konštrukcii nerovnorodéj.
- Priradiť rôznym častiam objektu plnenie rôznych funkcií.
- Zaistiť každej časti objektu podmienky najvýhodnejšie pre jej činnosť.

4) PRINCÍP ASYMETRIE

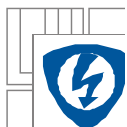
- Zaviesť asymetriu do objektov a vzájomných pôsobení.
- Zmeniť stupeň asymetrie.

5) PRINCÍP ZLÚČENIA

- Zlúčiť rovnorodé objekty (alebo objekty určené k vykonávaniu zlučiteľných operácií).
- Zjednotiť v čase rovnorodé alebo zlučiteľné operácie.

6) PRINCÍP UNIVERZÁLNOSTI

Objekt plní niekoľko rôznych funkcií. Znižuje sa potreba ostatných objektov.



7) PRINCÍP „JEDEN V DRUHOM“

- a. Jeden objekt je umiestnený v druhom, ten môže byť v treťom, atď.
- b. Jeden objekt prechádza skrz dutiny v druhom objekte, atď.

8) PRINCÍP ANTIFUNKCIE

Kompenzovať nežiaduce pôsobenie parametrov objektu spojením s iným objektom pôsobiacim svojimi parametrami opačne.

9) PRINCÍP PREDBEŽNÉHO ANTIPÔSOBENIA

Ak podmienky úlohy vyžadujú vykonať nejaké neprípustné pôsobenie je nutné predbežne uskutočniť antipôsobenie.

10) PRINCÍP PREDBEŽNÉHO PÔSOBENIA

Urobiť potrebné pôsobenie, úplne alebo čiastočne, vopred.

11) PRINCÍP VOPRED PODLOŽENEJ PODUŠKY

Kompenzovať možné nežiaduce javy v objekte vopred zabudovanými havarijnými prostriedkami.

12) PRINCÍP EKVIPOTENCIÁLNOSTI

Zmeniť podmienky práce tak, aby nebolo nutné meniť množstvo energie (informácii) v objekte.

13) PRINCÍP NAOPAK

Namiesto pôsobenia diktovaných podmienok úloh vykonať opak.

14) PRINCÍP SFÉROIDEÁLNOSTI

- a. Prejsť od priamok ku krivkám, od plochých rovín ku krivoplochám, od častí v podobe kocky a rovnobežnostennom ku konštrukcii v tvare gule.
- b. Použiť valčeky, guľičky, špirály.
- c. Prejsť od priamkového pohybu k rotačnému, využiť odstredivé sily.

15) PRINCÍP DYNAMIČNOSTI

Charakteristiky objektu (zaťaženie, rozmery, tvar, farba, skupenský stav, teplota, atď.) alebo vonkajšie prostredie sa musí meniť tak, aby v každom pracovnom kroku boli optimálne.

16) ČIASTOČNÉ ALEBO PREBYTOČNÉ PÔSOBENIE

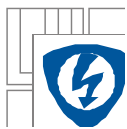
Ak je obtiažne dosiahnuť 100% požadovaného efektu, usilujte sa o trochu menší alebo trochu väčší efekt. Úloha sa môže podstatne zjednodušiť.

17) PRINCÍP PRECHODU NA INÝ ROZMER

- a. Prejsť od pohybu objektu po priamke k pohybu objektu v rovine (2D) alebo v priestore (3D).
- b. Zmeniť pôsobenie v bode na pôsobenie v priamke/ v ploche/ v objeme.
- c. Zmeniť tvar prvkov od podoby priamok/ kriviek/ plôch/ krivých plôch/ objemov.
- d. Použiť mnohohoposchodové kompozície objektov namiesto jednoposchodovej.
- e. Nakloniť objekt alebo položiť ho na bok. V prípade niekoľkých objektov ja možné skúsiť zmeniť ich vzájomné rozmiestnenie v priestore.
- f. Využiť odvrátenú stranu danej plochy.
- g. Využiť svetelný tok dopadajúci na susednú plochu alebo na odvrátenú stranu danej plochy.

18) PRINCÍP VYUŽITIA OSCILÁCIÍ

- a. Uviesť objekt, jeho časti alebo prostredie do kmitavého pohybu.



- b. Zmeniť frekvenciu kmitania.
- c. Využiť rezonanciu, antirezonanciu

19) PRINCÍP PERIODICKÉHO PÔSOBENIA

- a. Prejsť z kontinuálneho pôsobenia k periodickému (impulznému) pôsobeniu.
- b. Ak je pôsobenie už periodické – zmeniť periodickosť.
- c. Využiť pauzu medzi impulzmi k vykonaniu iného pôsobenia.

20) PRINCÍP PLYNULOSTI UŽITOČNÉHO PÔSOBENIA

- a. Pôsobiť nepretržite (všetky časti objektu musia stále pracovať na užitočné zaťaženie).
- b. Odstrániť behy naprázdno a prípravné režimy.

21) PRINCÍP PRESKOKU

Uskutočniť proces alebo jeho jednotlivé fázy (napríklad škodlivé alebo nebezpečné) s veľkou rýchlosťou.

22) PRINCÍP „ZVRÁTIŤ ŠKODU NA ÚŽITOK“

- a. Využiť škodlivé faktory (často škodlivé pôsobenie okolia) na získanie užitočného efektu (elektroiskrové obrábanie, vysokofrekvenčný ohrev).
- b. Odstrániť škodlivý faktor jeho sčítaním s inými škodlivými faktormi.
- c. Zosilniť škodlivý faktor do takého stupňa, aby prestal byť škodlivý.

23) PRINCÍP SPÄTNEJ VÄZBY

- a. Zaviesť spätnú väzbu
- b. Ak spätná väzba existuje – zmeniť ju.

24) PRINCÍP PROSTREDNÍKA

Využiť objekt sprostredkujúci a meniaci charakter pôsobenia.

Dočasne pripojiť iný (najlepšie ľahko odpojiteľný) objekt.

25) PRINCÍP SAMOOBSLUHY

Objekt sa musí sám obsluhovať, vykonávať úplne alebo čiastočne všetky operácie vykonávané s objektom (opravné, kontrolné, nastavujúce, transportné, atď.).

26) PRINCÍP KOPÍROVANIA

Namiesto objektu (nedostupného, rozmerného, zložitého, nákladného, nevýhodného alebo krehkého) použiť jeho kópiu (zjednodušenú, lacnú).

27) LACNÁ ZNIČITEĽNOSŤ NAMIESTO DRAHEJ TRVANLIVOSTI

Nahradiť drahý objekt súborom lacných objektov a vzdať sa pri tom zaistenia niektorých kvalít.

28) PRINCÍP ZÁMENY VÄZBY

Zameniť druh väzieb v objekte.

29) VYUŽITIE PNEU- ALEBO HYDRO-KONŠTRUKCIÍ

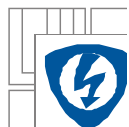
Namiesto pevných častí objektu použiť kvapaliny alebo plyny.

30) VYUŽITIE PRUŽNÝCH POVLAKOV A TENKÝCH VRSTIEV

- a. Namiesto tuhých konštrukcií použiť pružné (elastické) povlaky a tenké fólie.
- b. Izolovať objekt od vonkajšieho prostredia pomocou pružných povlakov a tenkých vrstiev.

31) PRINCÍP POUŽITIA PÓROVITÝCH MATERIÁLOV

- a. „Previesť“ objekt na pórovitý alebo využiť doplnkové pórovité prvky (prísady, povrchy, atď.).



- b. Ak je objekt už pórovitý, vopred vyplniť póry nejakou látkou.

32) PRINCÍP ZMENY SFARBENIA

- a. Zmeniť sfarbenie objektu, jeho časti alebo vonkajšieho prostredia.
b. Zmeniť stupeň priehľadnosti objektu alebo vonkajšieho prostredia (nielen voči svetlu, ale aj voči iným pôsobeniam).

33) PRINCÍP HOMOGENNOSTI

Objekty vzájomne pôsobiace musia byť čo do vlastností rovnaké alebo blízke.

34) ODHODENIE A REGENERÁCIA ČASTÍ OBJEKTU

- a. Časť objektu, ktorá splnila svoju úlohu a stala sa zbytočnou, musí byť odhodená (rozpustená, odparená), zmenená bezprostredne v priebehu práce, alebo použitá k novému účelu.
b. Spotrebované časti objektu musia byť obnovené bezprostredne v priebehu práce.

35) ZMENA ZLOŽENIA A PARAMETROV OBJEKTU

Zmeniť základné parametre objektu.

36) PRINCÍP VYUŽITIA FÁZOVÝCH PRECHODOV

- a. Využiť prechody medzi fázami.
b. Využiť javy vznikajúce pri zmene zloženia objektu.

37) PRINCÍP VYUŽITIA TEPELNEJ DILATÁCIE

- a. Využiť tepelnú rozťažnosť materiálu.
b. Použiť niekoľko materiálov s rôznymi koeficientami tepelnej rozťažnosti.

38) PRINCÍP VYUŽITIA SILNÝCH PÔSOBENÍ

Použiť objekty zaisťujúce intenzívnejšie vzájomné pôsobenie, ako objekty doposiaľ.

39) PRINCÍP VYUŽITIA SLABÝCH PÔSOBENÍ

Použiť objekty zaisťujúce menej intenzívne vzájomné pôsobenie, ako objekty doposiaľ.

40) PRINCÍP POUŽITIA KOMPOZITNÝCH MATERIÁLOV

Prejsť od rovnomernej štruktúry objektu k zloženej štruktúre (zaistujúcej vykonanie niekoľkých funkcií, alebo uspokojenie niekoľkých požiadaviek).

2.4 Analýza vývojovo najstaršej meranej svorky (svorka č. 1)



Obr.č. 14 Meraná svorka so skrutkovým uchyténím, skorodovaná

Ad HP 1)

Drobenie respektíve demontovateľnosť je v tomto prípade značná. Púzdro svorky je možné oddeliť od vodivej, kontaktnej časti. Výhoda spočíva v jednoduchosti výmeny v prípade poruchy (ad HP 2)). Nevýhodou je možnosť uvoľnenie celej vodivej časti, následkom čoho môže byť prerušenie vodivého kontaktu.

Ad HP 3)

Ako bolo zmienené v bode vyššie je táto svorka rozdelená na dve základné časti. Z toho faktu je možné urobiť záver, že každá samostatná časť svorky má svoju jedinečnú funkciu (vodivý spoj, uchytienie komplexu svorky na lištu).

Ad HP 7)

Princíp „jeden v druhom“ je zrejmý z predošlých bodov a ako bolo spomínané má svoje výhody aj nevýhody. Za určitých podmienok môže byť tento druh prevedenia žiaduci a v niektorých prostrediach je nevyhovujúci. Nežiaduci je v prostrediach, kde na svorku pôsobia okolité sily, kde je svorka namáhaná inými silami ako silou s ktorou na ňu pôsobí vodič.

Ad HP 8)

Kompenzovanie nežiaducich účinkov nie je vymoženosťou tejto svorky. Keďže je u nej zabezpečené akurát uchytienie na lište, ktoré je spevnené skrutkou. Antifunkcia tejto skrutky spočíva v stabilnejšom uchytení samotnej svorky.

Ad HP 27)

Tento heuristický princíp je zásadných v tomto type svorky (podľa historického vývinu). Použité materiály či už vodivej alebo nevodivej časti svorky sú z lacných materiálov. Samozrejme

následkom toho je podstatne znížená kvalita a životnosť svorky. V tomto prípade by som volil kvalitnejšie materiály aby celkový výsledok nebol kontraproduktívny.

Ad HP 34)

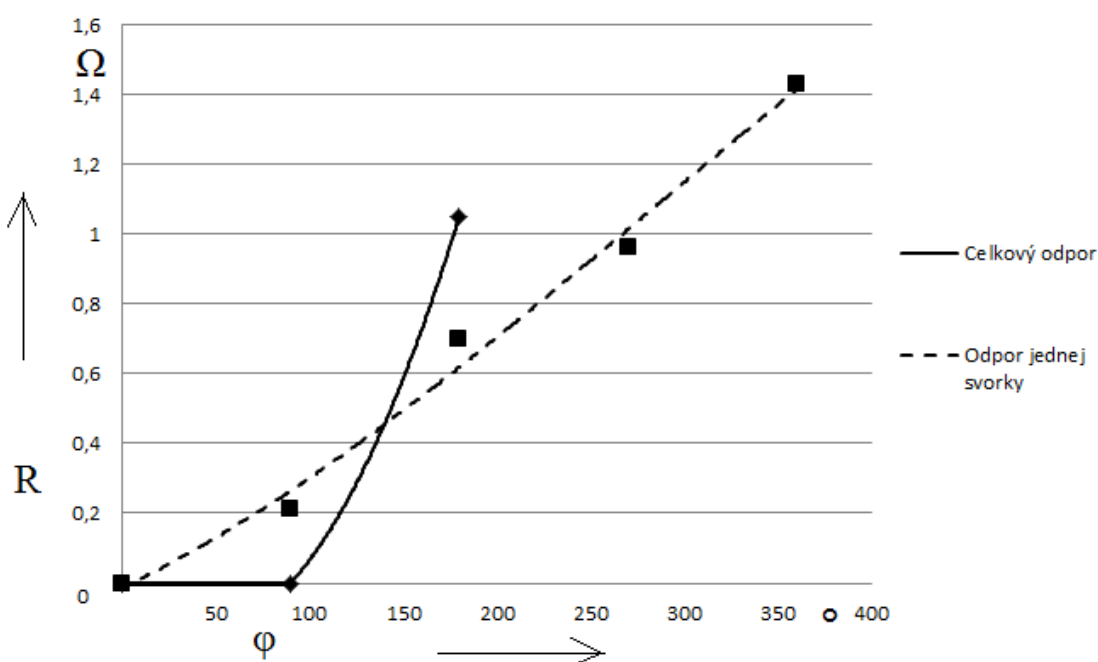
Tento heuristickom princípe je výhodou svorky. Keď v prípade opotrebenia vzhľadom na lacné a menej kvalitné materiály použité vo svorke je možné ich jednoducho odstrániť a vymeniť.

Ad HP 40)

Zložená štruktúra svorky je uvedená vo vyššie uvedených bodoch. V tejto svorke je tento princíp samozrejme taktiež zabezpečený.

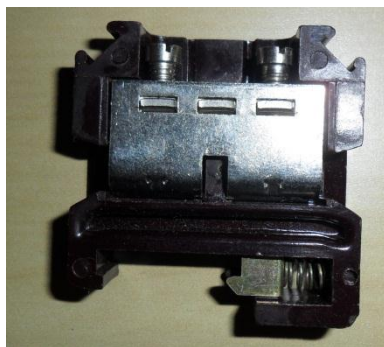
Tab. č. 2) Vlastnosti meranej svorky

Požadované vlastnosti		Nežiaduce vlastnosti	
		Elektrické	Mechanické
1	Jednoduchá manipulácia	Vysoký prechodný odpor	Deštrukcia
2	Materiál kontaktných plôch lacný a dobre vodivý	Otepľovanie svorky	Korózia
3	Nízka cena	Nízka životnosť	Uvoľňovanie vodičov
			Uvoľňovanie uchytienia svorky



Obr.č. 15 Graf závislosti prechodného odporu na uhle natočenia celou a jednou časťou svorky

2.5 Analýza svorky, druhej vývojovej etapy (svorka č. 2)



Obr.č. 16 Svorka s pružinovým uchytením

Ad HP 1) a 7)

Objekt je rozdelený do dvoch častí, a to základná vodivá časť svorky a druhá rovnako dôležitá konštrukčná časť, do ktorej je vodivá časť vložená.

Ad HP 2)

Oddelenie je samozrejme možné vzhľadom na rozdelenie funkčných častí celku.

Ad HP 4)

Asymetria plní funkciu najmä spôsobom uchytenie. Na jednej strane je fixne odliaty tvar a na druhej strane svorky je oblúk predĺžený a doplnený pružinou (viď.)

Ad HP 8) a 9)

Antifunkciu zabezpečuje v princípe uchytenia pružina, ktorá pôsobí v protismere pôsobenia svorky voči lište, na ktorej je svorka uchytená.

Ad HP 15)

Dynamičnosť bola dosiahnutá pružinou. Dynamičnosť svorky ako takej z iného hľadiska zabezpečená nie je.

Ad HP 20) a.

Pružina, ktorá vo svorke plní funkciu nepretržitého pôsobenia na lištu, plní uchopovaciu funkciu svorky.

Ad HP 27)

Použité materiály vodivej aj nevodivej časti svorky sú lacné a nie je kladený dôraz na životnosť ale na cenu použitých materiálov.

Ad HP 34)

Tento heuristický princíp je výhodou svorky. Keď v prípade opotrebenia vzhľadom na lacné a menej kvalitné materiály použité vo svorke je možné ich jednoducho odstrániť a vymeniť.

Ad HP 38)

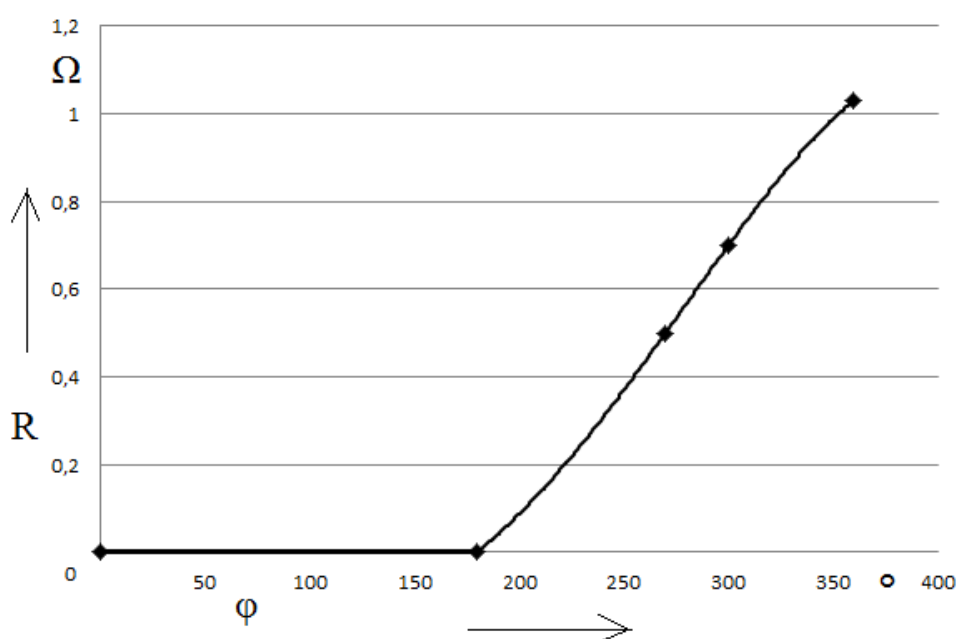
Silové pôsobenie využíva pružina zabezpečujúca uchytenie svorky. Vzhľadom na riešenie uchytenia v predošlom type svorky je riešenie pomocou pružiny spoľahlivejšie a po dlhšej dobe je uvoľnenie sa svorky z lišty menej pravdepodobné ako pri svorke so skrutkovým uchytením.

Ad HP 40)

Zložená štruktúra svorky je uvedená vo vyššie uvedených bodoch. V tejto svorke je tento princíp samozrejme taktiež zabezpečený.

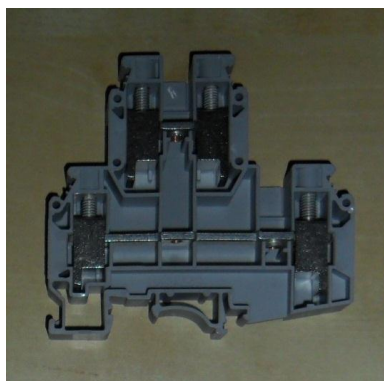
Tab. č. 3) Tabuľka vlastností aplikovaná na svorky s pružinovým uchytením

Požadované vlastnosti		Nežiaduce vlastnosti	
		Elektrické	Mechanické
1	Jednoduchá manipulácia	Veľký prechodný odpor	Deštrukcia
2	Odolnosť voči vplyvom okolia	Otepľovanie svorky	Korózia
3	Jednoduché a trvalé upevnenie svorky	Nízka životnosť	Uvoľňovanie vodičov
4	Materiál kontaktných plôch lacný a dobre vodičový		
5	Nízka cena		



Obr.č. 17 Graf závislosti prechodového odporu na uhle natočenia druhej svorky

2.6 Analýza svorky PHOENIX, vývojovo najvyspelejšia meraná svorka (svorka č. 3)



Obr.č. 18 Svorka PHOENIX, dvojvodičová

Ad HP 1)

Svorka je riešená z hľadiska dvoch celkov. Prvý celok je určený pre kontaktný spoj vodičov s menším prierezom. Druhý celok je určený pre kontaktný spoj s väčším prierezom. Tieto dva celky nie sú na sebe vzájomne závislé. Spoločné majú iba púzdro svorky.

Ad HP 2)

Princíp oddelenia v tejto svorke nebolo potrebné zabezpečiť respektíve jeho zabezpečenie by na funkčnosť svorky nemalo vplyv.

Ad HP 3)

Princíp miestnej kvality je v hlbokej podstate zabezpečený akurát z hľadiska c) (viď. Popis heuristických princípov), kde najvýhodnejšie podmienky pre činnosť sú ošetrené správnou voľbou materiálu kontaktných plôch svorky, respektíve častí ktorými prechádza prúd. Tieto časti musia mať dostatočný prierez odpovedajúci maximálnej možnej prúdovej hustoty vodiča s maximálnym prierezom, na ktorý je daná svorka dimenzovaná.

Ad HP 4)

Asymetriou je podmienená iba konštrukcia svorky. Tá má za úlohu správne a zároveň bezchybné uchytenie svorky či už na celku (v prípade svoriek CLIPLINE od firmy PHOENIX na lište) alebo na potrebných miestach na to určených.

Ad HP 5)

Zlučiteľnosť je hlavným aspektom svorky. Keďže funkciou samotnej svorky je spojenie vodičov a vytvorenie vodivého kontaktu z čo možno najmenším prechodným odporom. Práve tento parameter bol meraný a spracovaný v tejto kapitole bakalárskej práce.

Ad HP 6)

Univerzálnosť tejto svorky spočíva v jednoduchom pripojení na lištu, kde môže dotvárať celok svoriek. Zároveň univerzálnosť spočíva v možnosti pripojenia respektíve vytvorenia dvoch vodivých ciest.

Ad HP 8) a 9)

Princíp antifunkcie (antipôsobenia) je zabezpečený protipohybom vodivej časti svorky. Konkrétne pri uťahovaní vodiča, kde dokonalosť uchytenia je zabezpečená priťahovaním vodivej časti svorky, v ktorej je vodič, na závit v protismere pôsobenia gravitačnej sily. Dôsledkom toho je pevnejšie uchytenie vodiča a zabránenie vykláznutiu vodiča zo svorky.

Ad HP 10)

Princíp predbežného pôsobenia je zabezpečený silou, ktorá pôsobí proti pohybu vodiča smerom von zo svorky.

Ad HP 15)

Princíp dynamičnosti je zabezpečený spôsobom uchytenia (vid'. Uchytenie svoriek c))

Ad HP 20)

Princíp plynulosti užitočného pôsobenia. Tento heuristický princíp principiálne spočíva v zabezpečení kontaktu svorky s vodičom. A to prítlačnou silou, ktorá pôsobí na vodič. Podstatou tohto princípu, konkrétne vo svorke je, aby počas celej požadovanej doby pôsobenia svorky na vodič, mal vodič požadované elektrické vlastnosti, najmä minimálny prechodný odpor.

Ad HP 27)

Lacná zničiteľnosť namiesto drahej trvanlivosti. Svorka a jej vývoj je špecifický z pohľadu voľby materiálov. Je neprípustné, aby bola celá svorka z tvrdého kovového materiálu, keďže musí byť zabezpečená bezpečnosť osôb. Z toho vyplýva, že najmodernejšie svorky sú konštruované z elektricky vodivých materiálov - vodivá časť a z elektricky nevodivých tvrdených materiálov (väčšinou PVC) pasívne časti. Samozrejme voľba týchto materiálov značne ovplyvňuje aj cenu.

Ad HP 37)

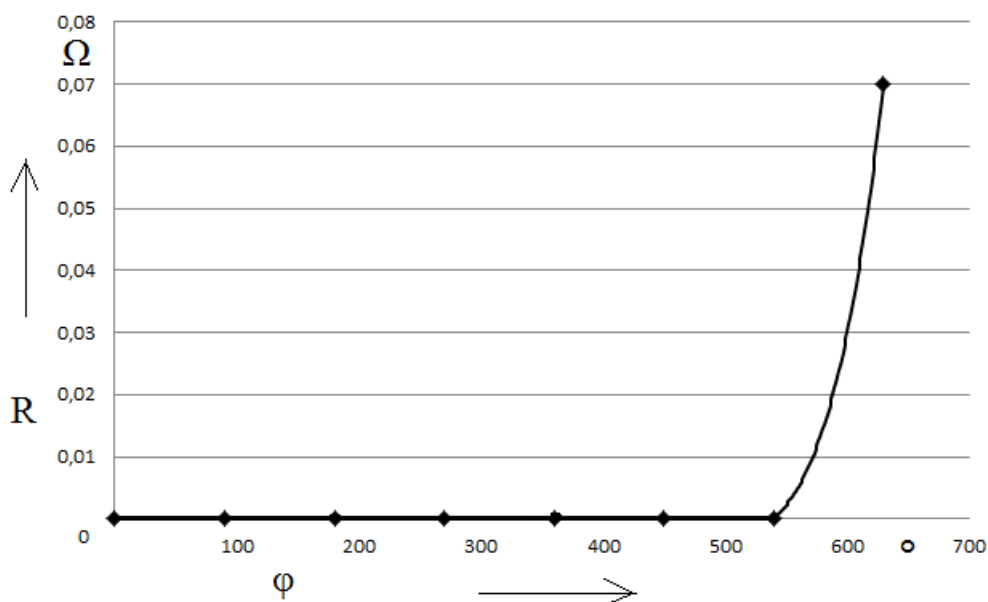
Vplyv tepelnej rozťažnosti sa vo svorkách všeobecne považuje za negatívny vplyv. Spôsobí ju môže prechodný prúd, ktorý otepľuje vodič, poprípade skratový otepľovací prúd. Tento jav negatívne pôsobí na stykové prvky svorky, a teda vplyvom rozťažnosti môže nastať uvoľnenie vodiča.

Ad HP 40)

Ako bolo už zmieňované vyššie je svorka konštruovaná z dvoch druhov materiálu, pričom každý z nich má svoj účel a svorka tak bola konštruovaná zámerne. Takto sú vylepšené všeobecné vlastnosti svorky.

Tab. č. 4) Vlastnosti meranej svorky PHOENIX

Požadované vlastnosti		Nežiaduce vlastnosti
1	Minimálny prechodný odpor	Cena
2	Jednoduchá manipulácia	
3	Odolnosť voči korózii	
4	Odolnosť voči vplyvom okolia	
5	Ideálnosť kontaktu	
6	Bezpohybové uchytienie vodiča	
7	Jednoduché a trvalé upevnenie svorky	
8	Materiál kontaktných plôch lacný a dobre vodivý	
9	Životnosť	

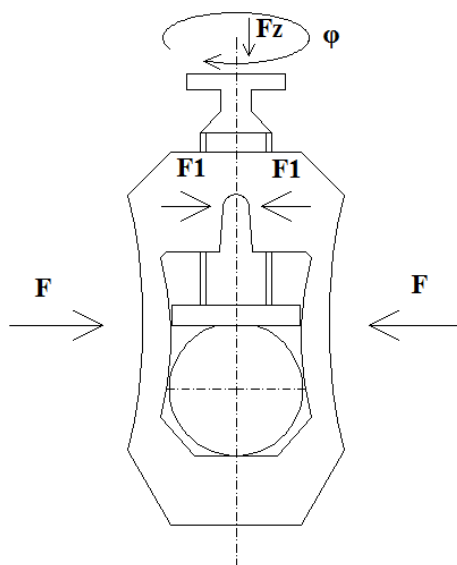

Obr.č. 19 Graf závislosti prechodného odporu na uhle natočenia svorky PHOENIX

2.7 Iné typy svoriek



Obr.č. 20 Ukážka rôznych typov svoriek

Tieto svorky sú určené pre vodiče s väčším prierezom. Je možné ich použiť na jeden alebo dva vodiče. Tento jav sa dá dosiahnuť pri svorke na obrázku vľavo vyňatím alebo vložení vnútornej dodatočnej časti svorky. Odnímateľná časť svorky umožňuje spojenie dvoch vodičov. Zároveň slúži ako uchopovacia pomôcka v prípade použitia vodiča s menším prierezom. Ako je zrejmé z fotodokumentácie všetky časti svorky sú z vodivého materiálu. Vzhľadom na túto skutočnosť je nutné dbať na bezpečnosť pri práci napríklad pri odstraňovaní vodičov, atď. Vzhľadom na to je potrebné zabezpečiť svorku proti nebezpečnému dotyku. Svorka, rovnako ako ostatné svorky pracuje na princípe vytvorenia prítlačnej sily na vodič. Na prednom čele svoriek tohto typu sú uvedené informácie, ako napríklad možnosti použitia typov vodičov. Konštrukčné riešenie tejto a jej podobným typom svoriek je znázornené vo vytvorenej animácii. Ďalej na Obr.č.21 je znázornené pôsobenie síl, ktoré sa vytvárajú pri doťahovaní svorky pri používaní. Tieto sily majú deformačné účinky, a tým je zabezpečený vodič proti uvoľneniu.



Obr.č. 21 Znázornenie síl pôsobiacich na animovanú svorku

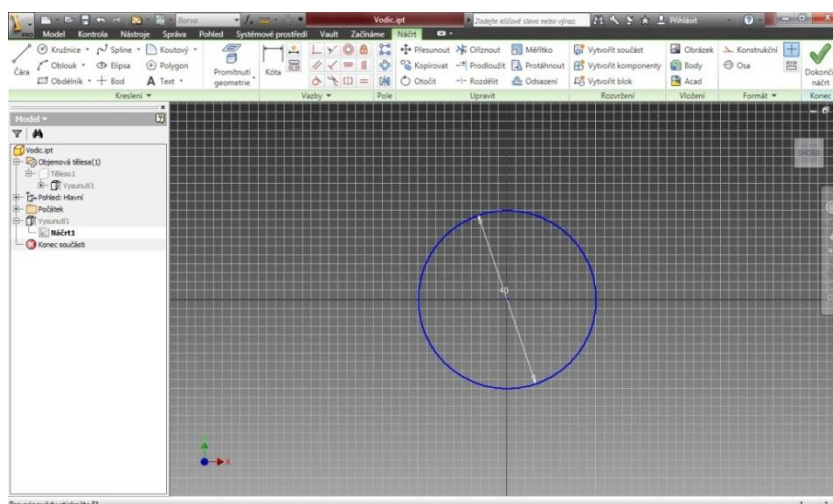
Na Obr.č.20 je jednoduchý technický model animovanej svorkovnice so znázornenými silami, ktoré na ňu počas upevňovania vodiča pôsobia. Každý výsek na svorke má svoje opodstatnenie. Pri otáčaní hlavnej skrutky o určitý uhol natočenia φ začínajú pôsobiť na svorku sily znázornené na obrázku. Sila F_z pôsobí v smere prítlačnej sily na vodič, keďže základným princípom závitú je naklonená rovina. Čím väčší je uhol natočenia φ , tým viac je hlavná skrutka uťahovaná a logicky vyvíja väčšiu prítlačnú silu na vodič. Konštrukčný výrez vo svorke, na ktorý pôsobia sily F_1 zabezpečuje pružnosť čela svorky. Vzhľadom na to, že čelo nie je „plné“, je pri zvyšovaní uhlu natočenia φ možná deformácia svorky. Tento jav je žiaduci vzhľadom na jeho následky. Veličiny φ , F_z , F_1 a F sú na sebe vzájomne závislé a priamo úmerné. Čiže pri zväčšovaní uhlu natočenia φ sa zväčšuje sila F_1 pôsobiaca na konštrukčný prvok, ktorý zabezpečuje deformáciu. Následkom deformovania čela svorky je deformácia bočných stien svorky, a teda kvalitnejšie uchytenie vodiča vo svorke, ktoré zabraňuje jeho pohybu a zdokonaľuje tak aj kontakt medzi svorkou a vodičom.

3 TVORBA ANIMÁCIE JEDNODUCHÉHO ELEKTROTECHNICKÉHO MODELU PODĽA ZADANIA

Pri modelovaní telesa sa vychádzalo z reálneho 3D modelu svorkovnice, ktorého fotografiu prikladám k dokumentácii. Rozmery 3D animovaného modelu korešpondujú s reálnym modelom. V ďalších častiach bude popísaný pracovný postup jednotlivých častí modelu...

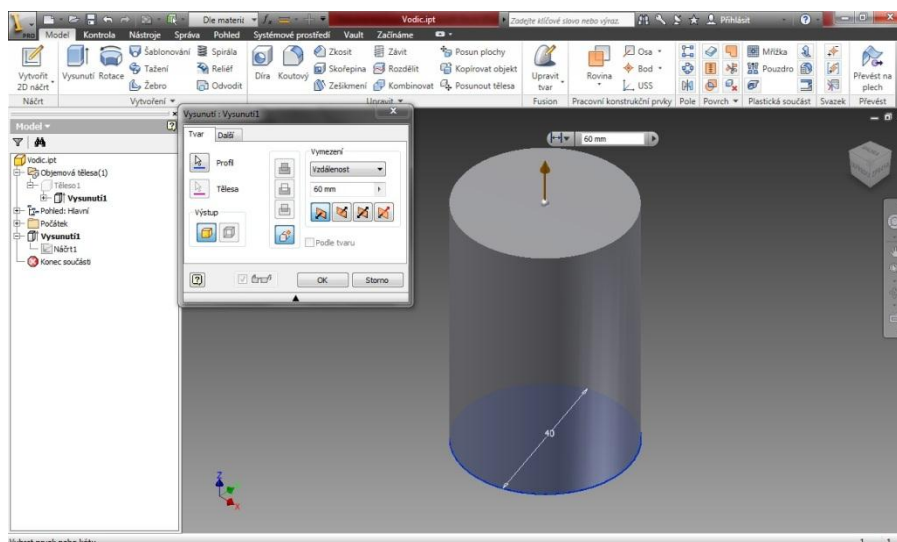
3.1 Vodič

Modelovanie „medeného“ vodiča bolo najelementárnejšou časťou modelu. Účelom tejto časti modelu je názorná ukážka uchopovania vodiča svorkovnicou. Samotné modelovanie spočívalo vo vykonaní troch krokov:



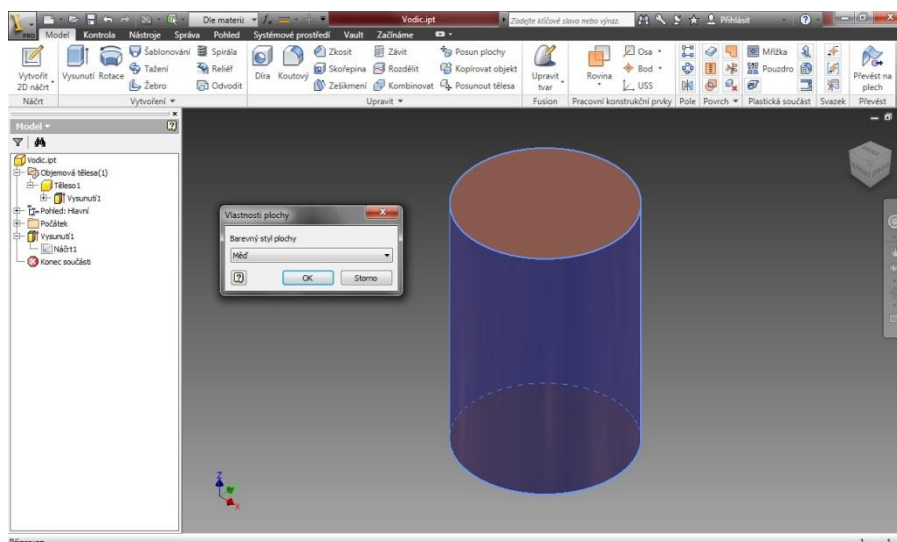
Obr.č. 22 Náčrt

Po odmeraní rozmerov vodiča reálneho modelu sa začalo s tvorbou samotného 3D modelu. Priemer vodiča je 40mm. V náčrte bola zostrojená kružnica so spomínaným priemerom.



Obr.č. 23 Vysunutie

Po zostrojení náčrtu kružnice a pridání kótovania kružnice na určení presného priemeru bolo ďalším krokom vysunutie 2D náčrtu do 3D modelu. Vysunutie bolo spravené tak, aby celkový tretí rozmer bol veľkosti 60mm.

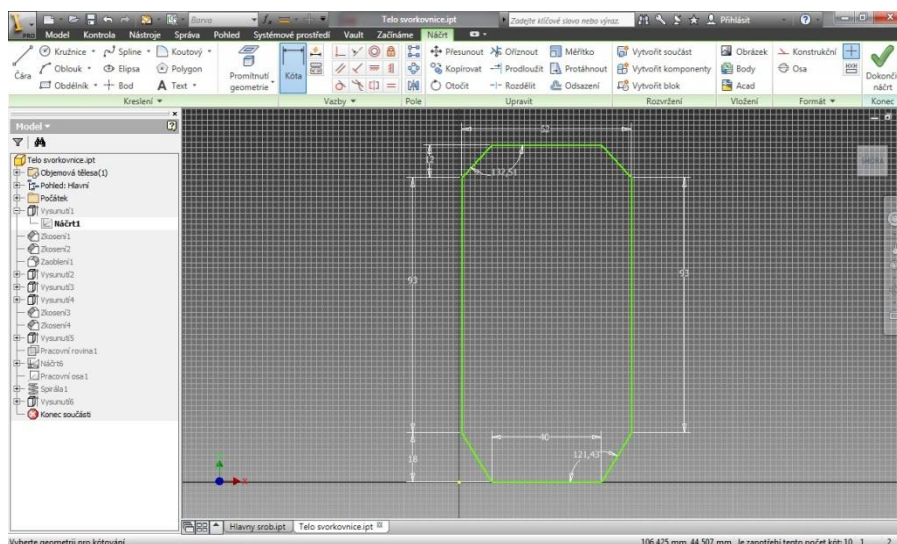


Obr.č. 24 Volba materiálu

Posledný krok tvorby vodiča spočíval vo výbere materiálu. Voľba materiálu sa uskutočňuje pomocou kliknutia na danú časť modelu pravým tlačítkom a následným výberom položky *Vlastnosti*. Aby výsledný efekt pôsobil reálnejšie, bol zvolený materiál *Med*.

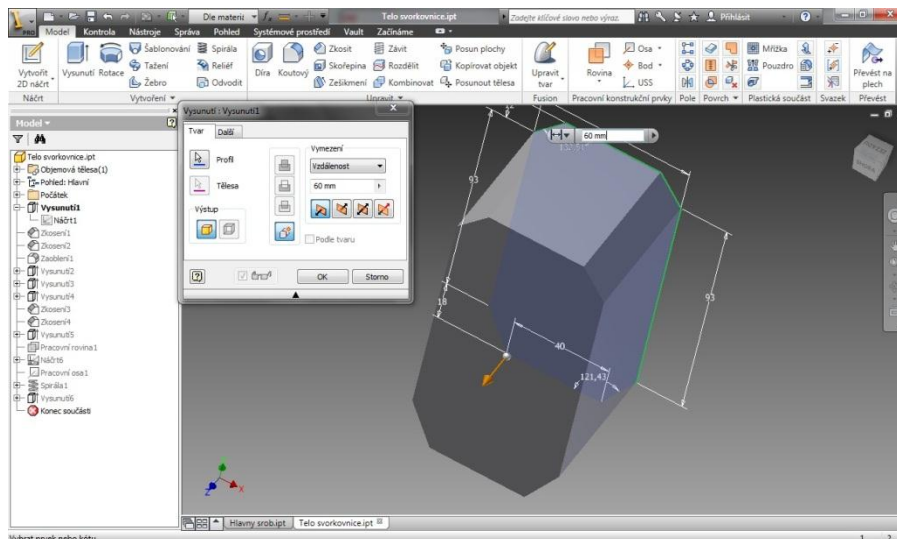
3.2 Telo svorkovnice

Pri modelovaní svorkovnice bolo nutné dbať na zachovanie rozmerov pôvodného modelu. Táto súčiastka prvotne pôsobila zložito, avšak po zvolení správnej metódy postupu modelovania a celkového pracovného postupu modelovanie prebiehalo bez väčších komplikácií. Samotný postup riešenia problematiky tejto súčiastky je uvedený nižšie...



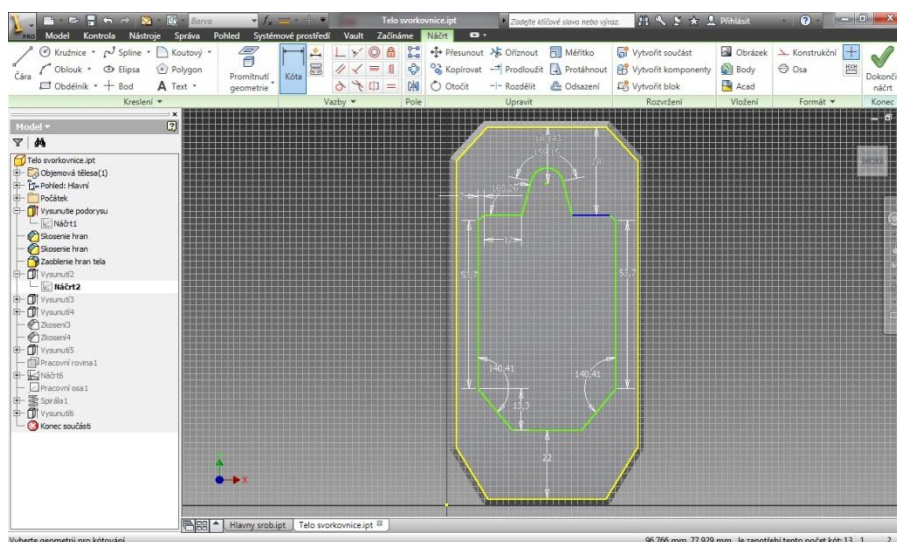
Obr.č. 25 Vytvorenie pôdorysu

Po zmeraní parametrov, rozmerov bol vytvorený 2D náčrtu. Dôraz bol kladený na ponechanie reálnych parametrov tela svorkovnice. Mierne odchýlky sú však možné, rádovo $\pm 1\text{mm}$.



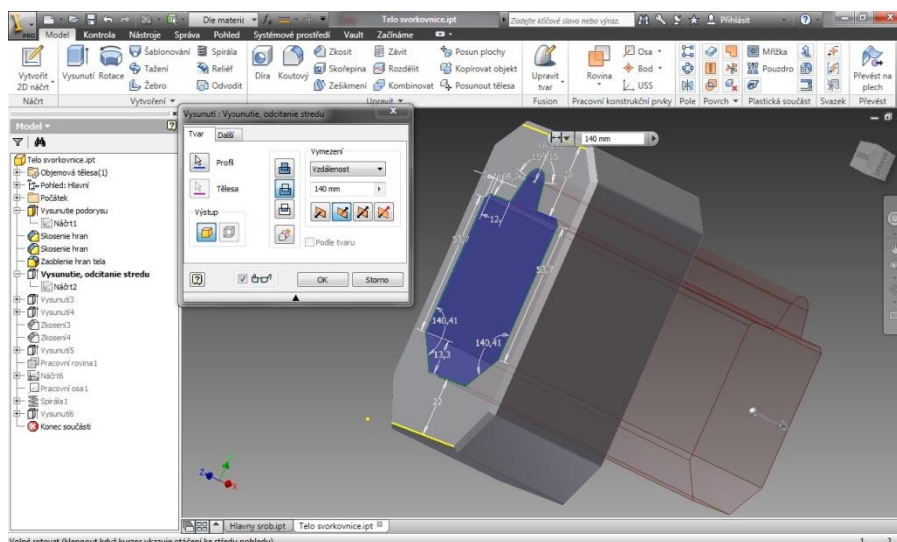
Obr.č. 26 Vysunutie pôdorysu

Pri vysúvaní nenastali žiadne komplikácie. Konkrétne pri tejto súčiastke nastal problém týkajúci sa nesprávneho zadefinovania rozmeru. Táto chyba bola odstránená opätovným premeraním a následným opravením v náčrte súčiastky. Predísť takýmto chybám sa dá využitím parametrického modelovania. Samozrejme nie vo všetkých prípadoch sa parametrické modelovanie využiť dá. Parametrické modelovanie v skratke spočíva nie v zadávaní konkrétnych rozmerov, ale v zadaní jedného rozmeru, s ktorým sa pracuje ďalej. Napr. *Chceme vymodelovať kocku. Podstava samozrejme musí byť štvorec. Ako podstava bol vytvorený náčrt, ktorý má parametre obdĺžnika. Postup je jednoduchý. Po zvolení kótovania je okótovaná jedna ľubovoľná stranu podstavy. Následne sa okótuje druhú stranu pomocou funkcie napr. $b=fx(a)$. Čiže strany si budú navzájom rovné.*

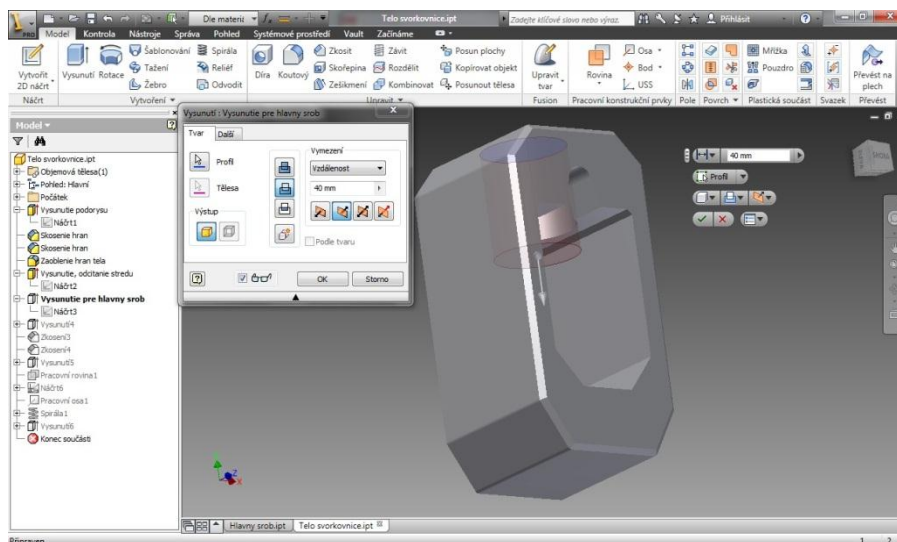


Obr.č. 27 Náčrt, modelovanie tela

Po vysunutí pôdorysu bol, na strane tela, vytvorený náčrt s pužitím parametrov odčítaných z modelu. Tento náčrt bol následne vysunutý a zároveň odčítaný od tela svorkovnice, čím vo svorkovnici vznikla diera s tvarom a rozmermi, ktoré boli požadované pre ďalšie modelovanie.

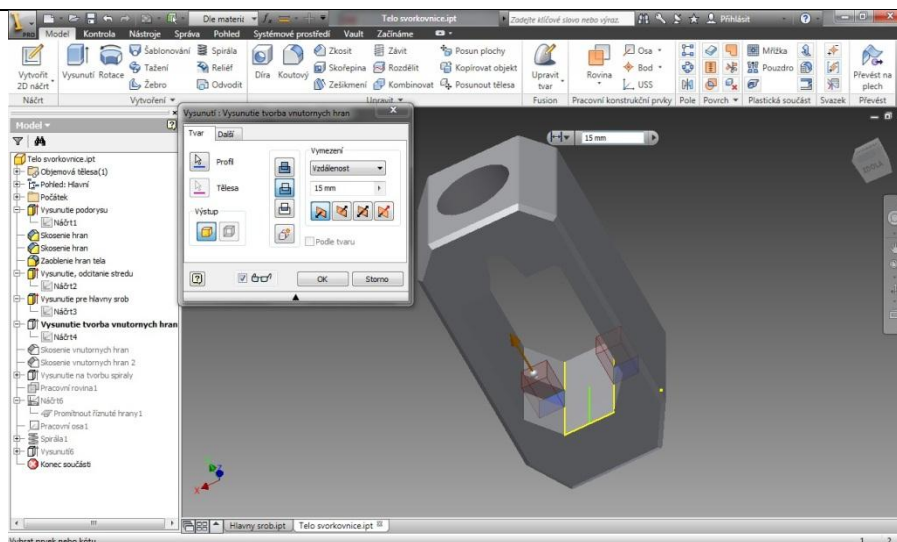


Obr.č. 28 Vysunutie náčrtu do tela svorkovnice



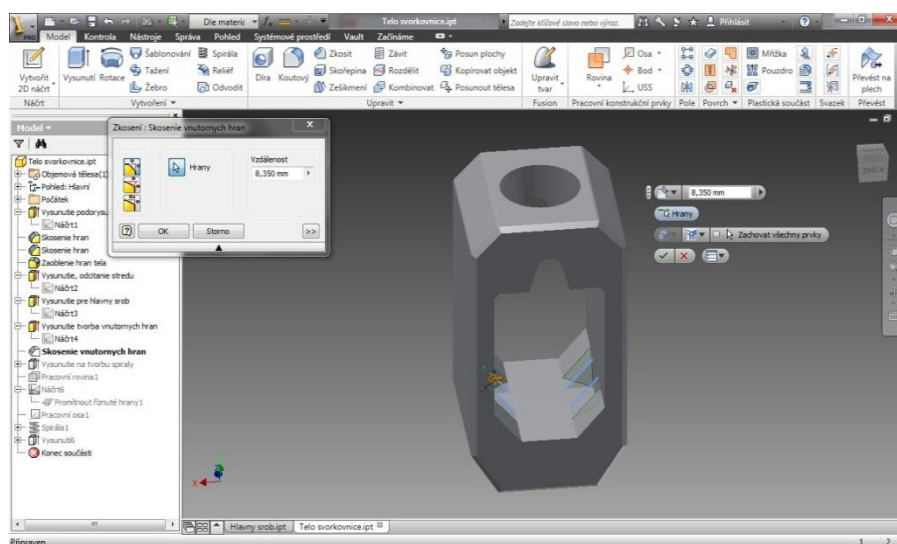
Obr.č. 29 Vytvorenie diery na závit pre hlavný skrutku

Na hornej strane svorkovnice bol vytvorený náčrt a zostrojená kružnica, ktorú bola následne vysunutá a odpočítaním vytvorená diera, ktorá bude slúžiť na vloženie hlavného skrutky.



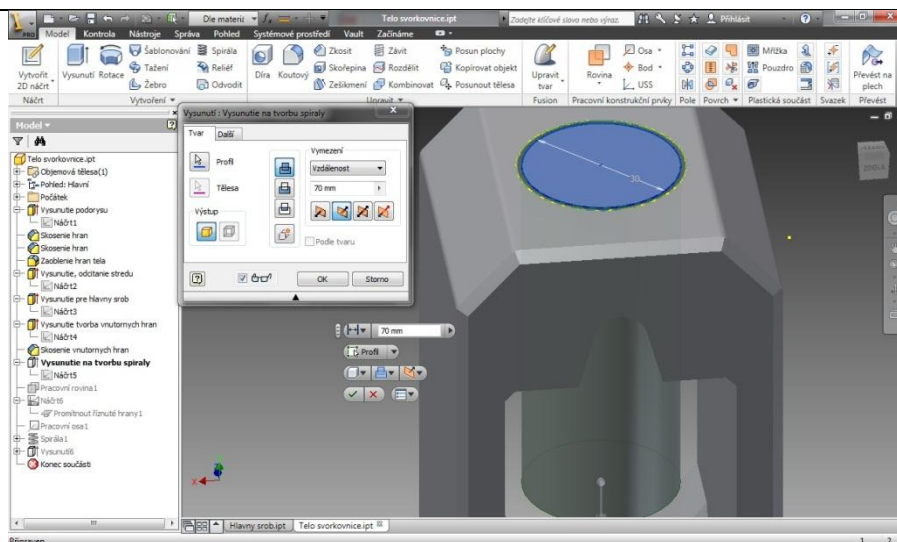
Obr.č. 30 Úprava tela svorkovnice

V reálnom modeli sú spodné hrany dvojnásobne skosené. Keďže náčrt, ktorý bol vysunutý a mal definované rozmery v ose X a Y, tak skosenia v tomto konkrétnom prípade bolo nutné riešiť aj v ose Z. Takže v strede hrany na oboch stranách bol vysunutý kváder, ktorý bol odpočítaný od modelu. Týmto krokom sa dosiahlo vzniknutie dvoch šikmých plôch na oboch vnútorných stranách tela svorkovnice.



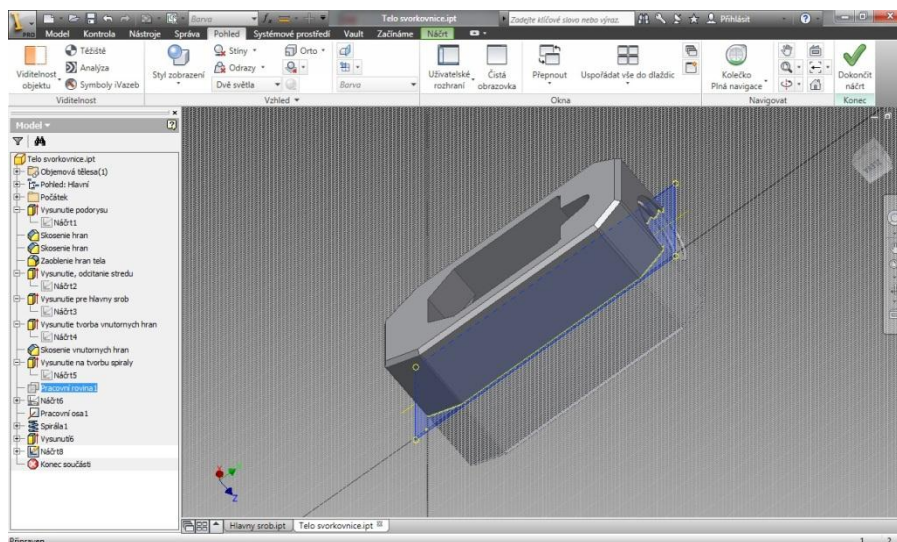
Obr.č. 31 Skosenie vnútornej časti tela svorkovnice

Po vyššie uvedenej úprave bolo možné v pokračovaní a v ďalšej tvorbe zošíkmenia. Zošíkmenia boli definované z vyplývajúcich parametrov. Keďže získanie presných rozmerov skosenia v tomto mieste bolo obtiažne boli premerané ostatné parametre a následne z nich získané vyplývajúce dĺžky vnútornej hrany (90° uhol). Z tohto rozmeru bolo jednoduché výpočtami zistiť dĺžku zošíkmenia. Pri zošíkmení boli zadávané rozmery dĺžok a príslušných uhlov boli prispôbené ostatným parametrom. Opticky sa uhol javí cca 45° .



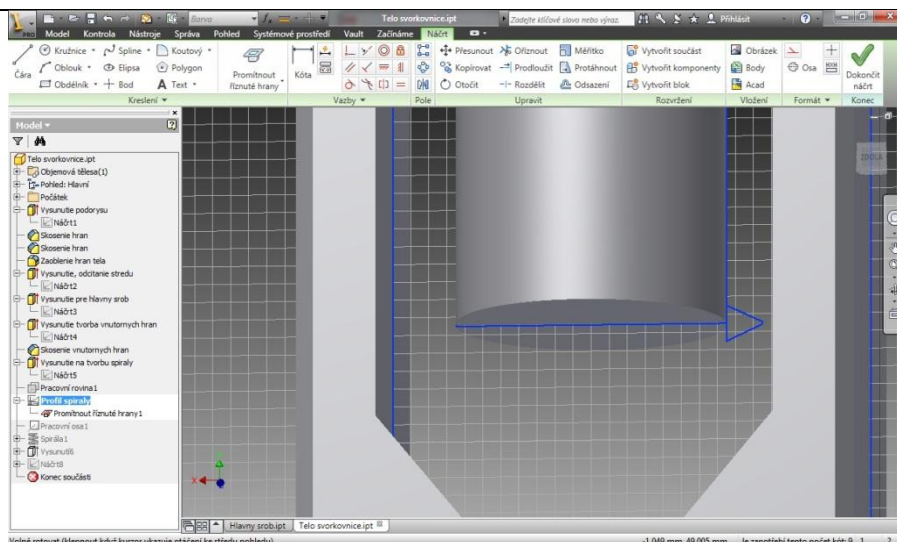
Obr.č. 32 Vloženie valca

Do predtým vytvorenej diery bol vložený valec s priemerom podstavy menším o 2mm ako má vytvorená diera. Tento prvok má čisto pomocnú funkciu pri tvorení závitú. Ďalší postup bude vysvetlený v bodoch pracovného postupu uvedených nižšie.



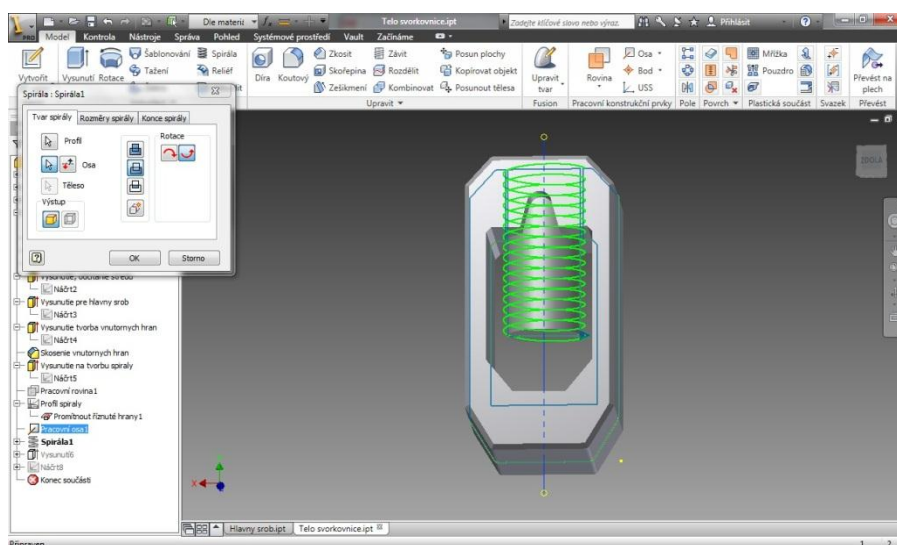
Obr.č. 33 Pomocná pracovná rovina pri tvorbe špirály

Pre pokračovanie tvorby závitú bolo nutné vložiť pracovnú rovinu do stredu modelovaného útvaru. Pri konštruovaní bolo takisto využívané prepínanie pohľadov v tzv. „drátovom režime“ a zobrazovanie rezu rovinou. Tieto úkony boli nevyhnutné na presné vytvorenie profilu špirály.



Obr.č. 34 Profil pre špirálu

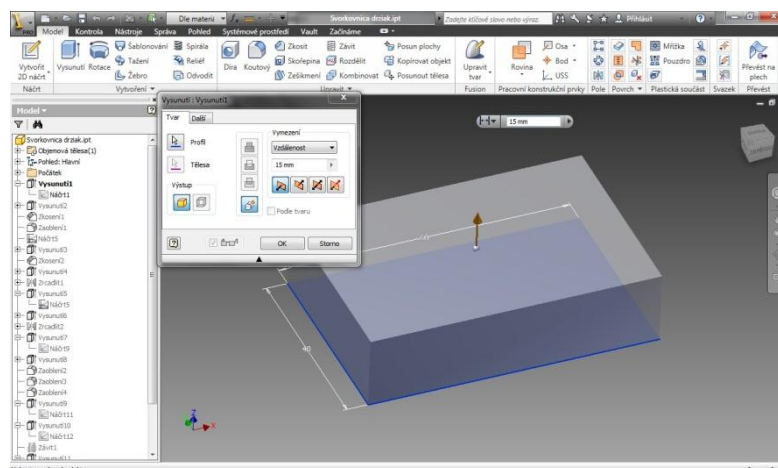
Po správnom nastavení zobrazovania bol pomocou náčrtu vytvorený profil špirály.



Obr.č. 35 Tvorba, obtočenie špirály

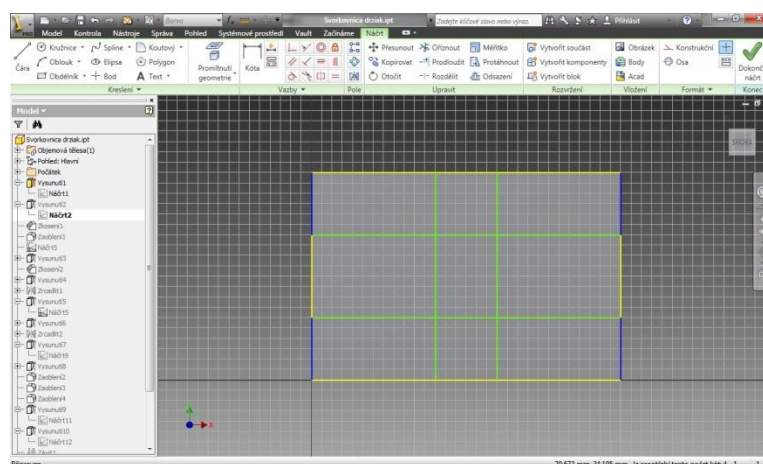
Po správnom zostrojení a zvolení profilu bola vybraná os, okolo ktorej sa špirála mala obtočiť. Obtočenie prebehlo okolo osi menšieho valca. Menší priemer valca bol zvolený vzhľadom na to, že po vysunutí špirály a následnom odčítaní by podľa môjho názoru odčítaný objem telesa bol príliš „hlboký“ a zasahoval až príliš do tela diery. Čiže bol vytvorený profil, ktorý sa obtočil okolo osi valca, a tým vytvoril samotnú špirálu. Tá bola ďalej odčítaná od diery s väčším priemerom. Výsledný efekt je zreteľný či už z finálnej animácie alebo z 3D modelu v programe Inventor 2012. Pri tvorbe sa muselo dbať na nastavenie správnej rotácie špirály tak, aby trajektória závitů hlavného skrutky korešpondovala z trajektóriou závitů v tele svorkovnice.

3.3 Držiak



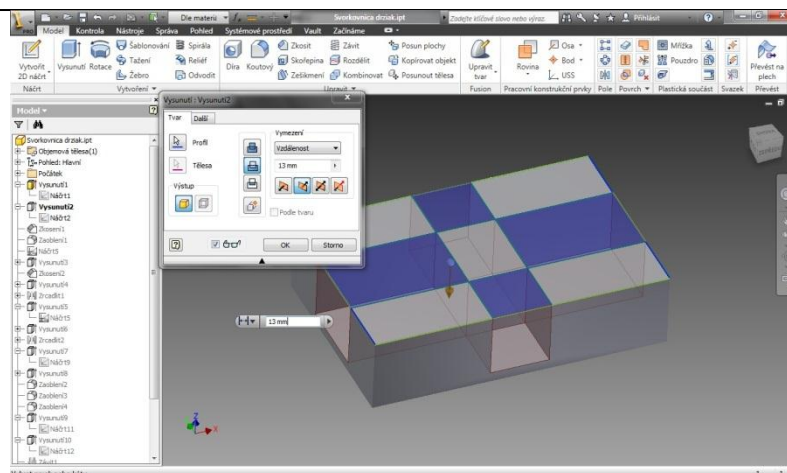
Obr.č. 36 Vysunutie tela držiaka

Pri tvorbe držiaku bol najprv zostrojený 2D náčrt. Následne boli pridané kóty, pomocou ktorých sa určili presné parametre podstavy držiaka. V ďalšom bode bolo vysunuté telo držiaka a pripravené tak na zostávajúce modelovanie.



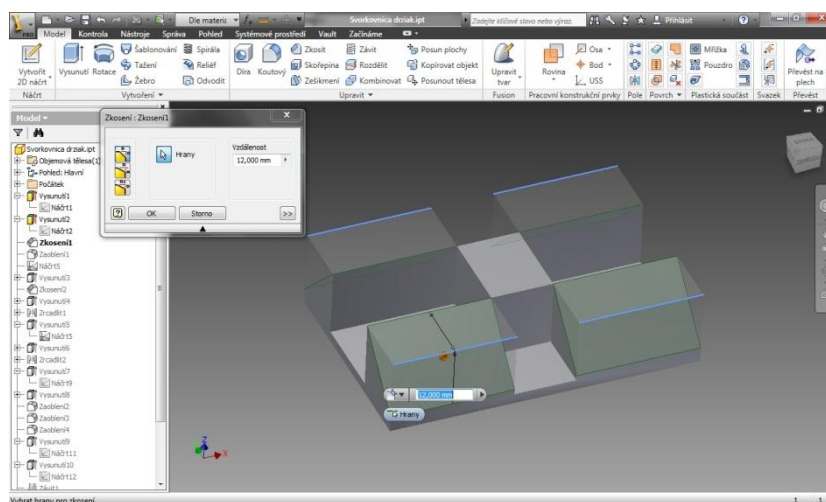
Obr.č. 37 Tvorba náčrtu

Vzhľadom na to, že výsledný model držiaka má celkovú podstavu s určitou hrúbkou bol vysunutý celý kváder, ako je uvedené vyššie. Ďalej bol vytvorený náčrt na podstave kvádra s pôdorysom držiaku pomocou klasických funkcií, ktoré program ponúka.



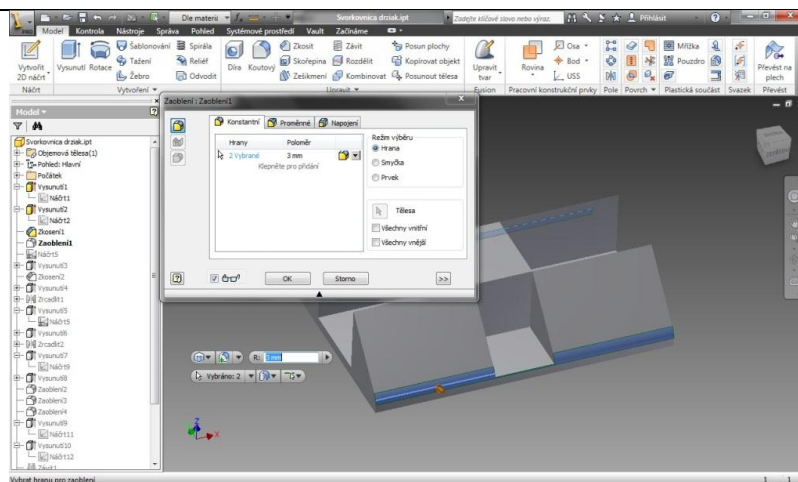
Obr.č. 38 Vysunutie a odčítanie kvádra

Z náčrtu uvedeného vyššie boli vysunuté a zároveň odčítané časti . Bol tak docielený tvar kvádra, ktorý sa ďalej mohol modelovať. Vzhľadom na to, že v tomto konkrétnom príklade boli šikmé plochy respektíve zošikmenia pokrývané bol zvolený práve tento postup modelovania.



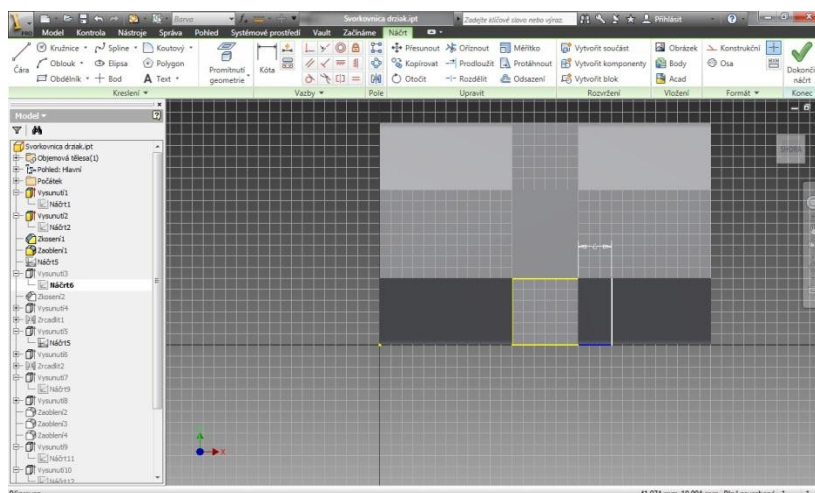
Obr.č. 39 Skosenie plôch

Pomocou funkcie *Skosenie* bol zadefinovaný jeden objekt, na ktorom boli nastavené parametre skosenia. Potom, pomocou tlačítka „+“, bol pridaný rovnaký formát skosenia na ostatné požadované časti.



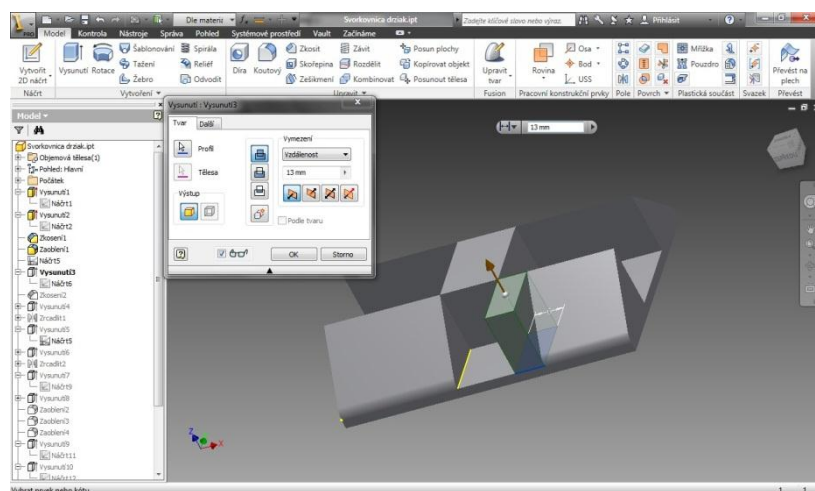
Obr.č. 40 Zaoblenie hrán

Ako je zreteľné z fotodokumentácie hrany držiaku sú zaoblené. Na túto úpravu bola použitá funkcia *Zaoblenie*. Táto funkcia bola aplikovaná na všetky hrany.



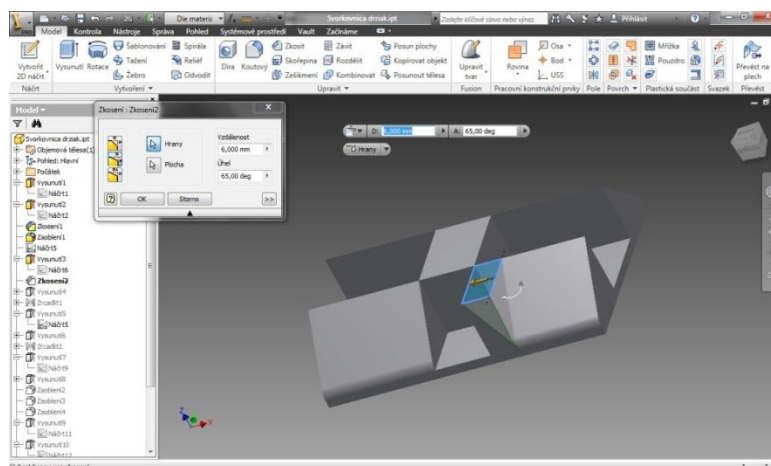
Obr.č. 41 Vytvorenie pomocnej skice

Pre ďalšie vysunutie bolo nutné vytvoriť skicu, ktorá tvorí základ pre ďalšiu tvorbu skosenia. Rozmery boli odčítané z reálneho modelu.



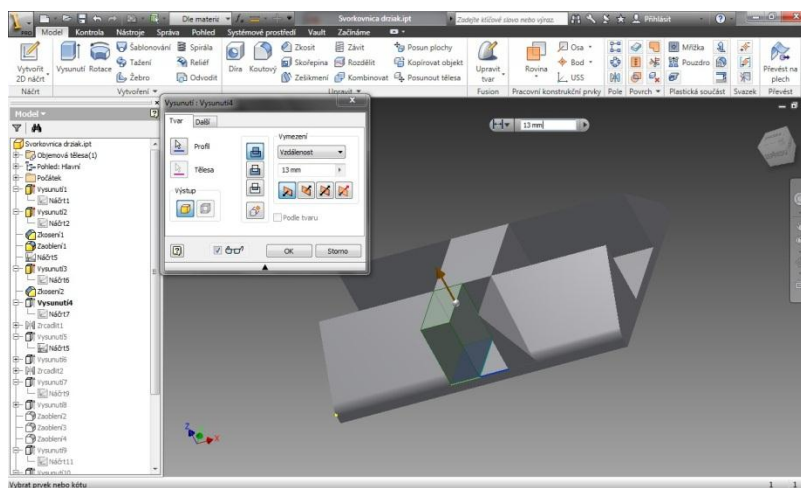
Obr.č. 42 Vysunutie skice

Vyššie spomínaná skica bola vysunutá, aby bolo možné vytvoriť skosenie.



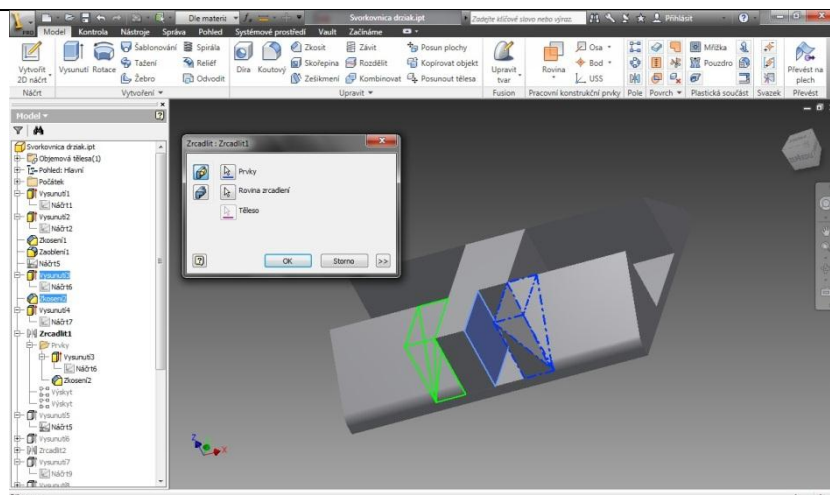
Obr.č. 43 Skosenie

Skosenie bolo tvorené pomocou „uchopovacích pomôcok“, ktoré sa zobrazia na prvku, ktorý chcete skosiť. Pomocou jedného kurzoru bola nastavená čo najväčšia dĺžka skosenia a pomocou druhého kurzoru bol nastavený požadovaný uhol tak, aby skosenie zasahovalo až po základnú podstavu.



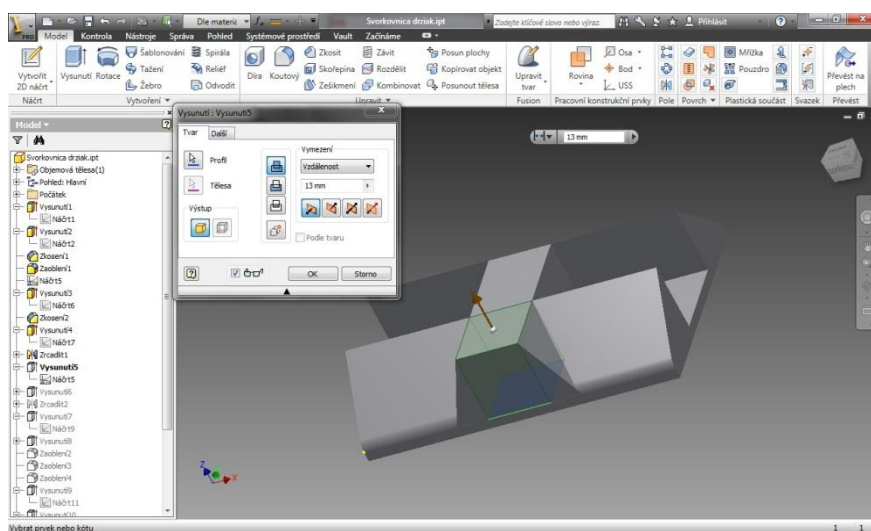
Obr.č. 44 Pomocné vysunutie

Toto vysunutie nemá žiadnu podstatnú funkciu pri tvorbe. Vysunutím bola iba uľahčená tvorba modelu. Keďže hrana spomínaného vysunutého kvádra prechádza cez stred objektu, jeho hrana bola využitá ako os zrkadlenia pre zošíkmenie.



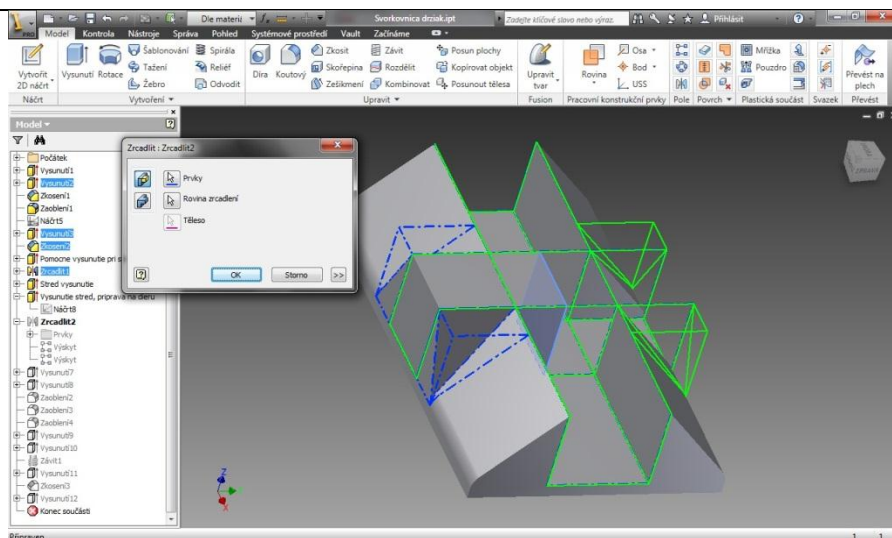
Obr.č. 45 Zrkadlenie zošíkmenia

Pomocou zrkadlenia plochy bol aplikovaný ten istý formát aj na opačnú stranu držiaku.



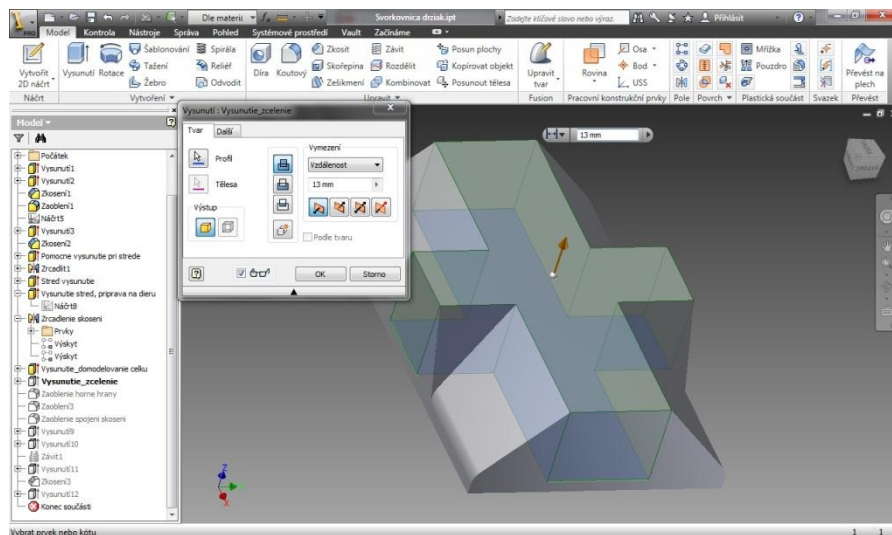
Obr.č. 46 Vysunutie plochy, domodelovanie

Vysunutím zostávajúcej plochy bolo dosiahnuté zcelenie a skompletizovanie jednej polovice držiaku (respektíve jednej tretiny). Pri vysúvaní plochy bola použitá funkcia zcelenia.



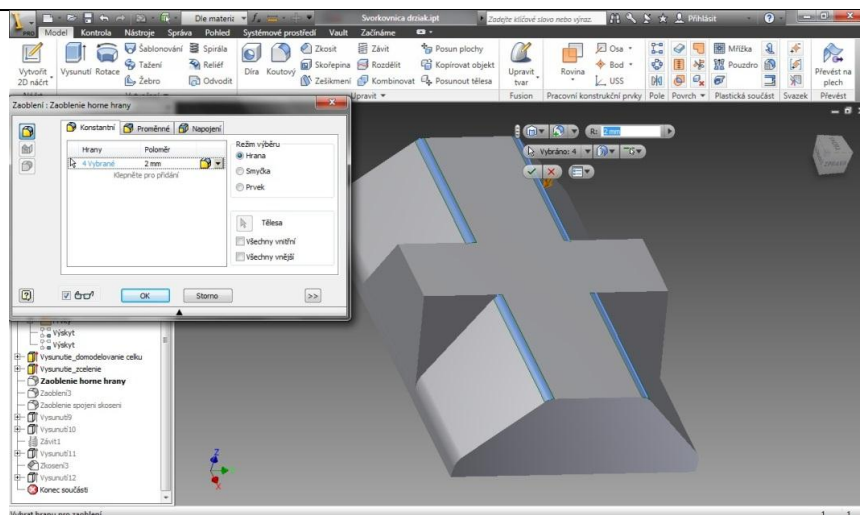
Obr.č. 47 Zrkadlenie zošikmení

Po dokončení jednej strany bolo možné aplikovať vlastnosti aj na opačnú stranu pomocou funkcie zrkadlenia. Avšak bolo potrebné zadefinovať os zrkadlenia, preto sa v strede objektu odčítala polovicu už vysunutej „kocky“. Úkon je zreteľný z Obr.č. 16 a 17. Následne bolo možné aplikovať funkciu zrkadlenia aj na opačnú stranu držiaku.



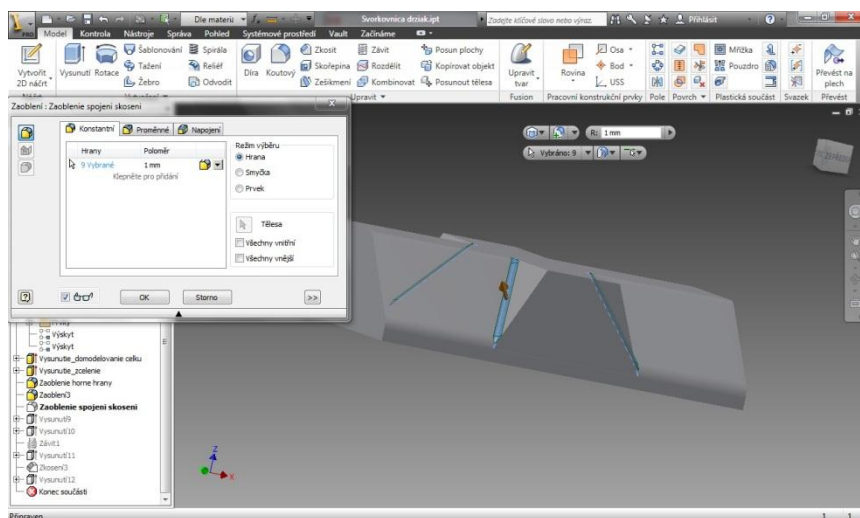
Obr.č. 48 Vysunutie a zcelenie plôch

Po dokončení zrkadlenia šikmých plôch bol domodelovaný držiak do „hrubej“ výslednej podoby vysunutím a zjednotením stredovej plochy.

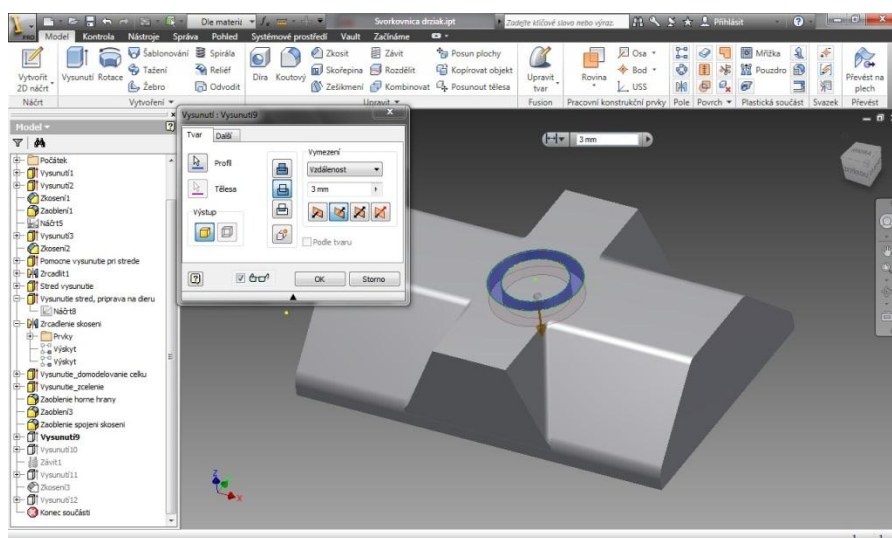


Obr.č. 49 Zaoblenie spojov

Po dokončení základného modelovania sa spravilo niekoľko „kozmetických úprav“. Tieto úpravy spočívali v zaobľovaní spojov hrán, vnútorných hrán zošíkmenia,... Obr.č. 19 a 20.

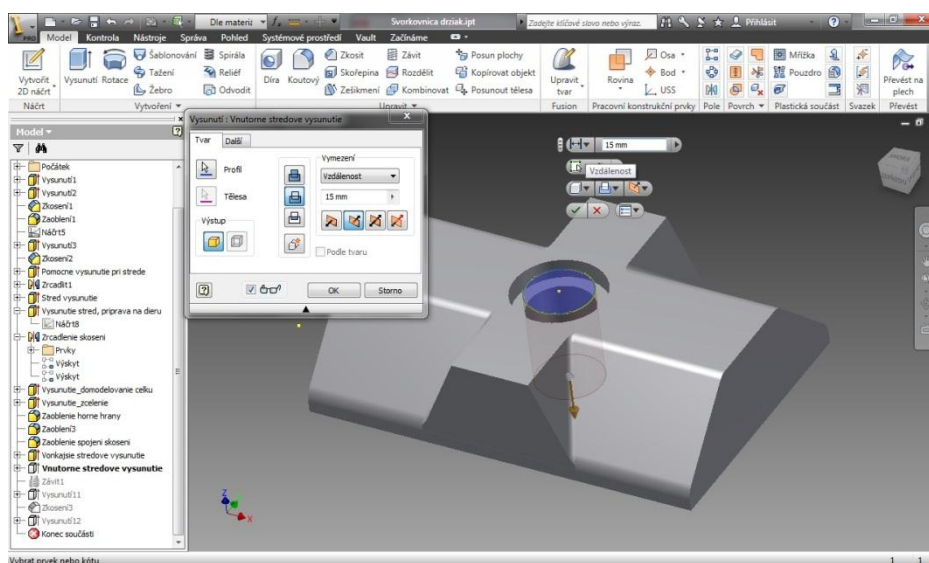


Obr.č. 50 Zaoblenie vnútorných spojov zošíkmenia



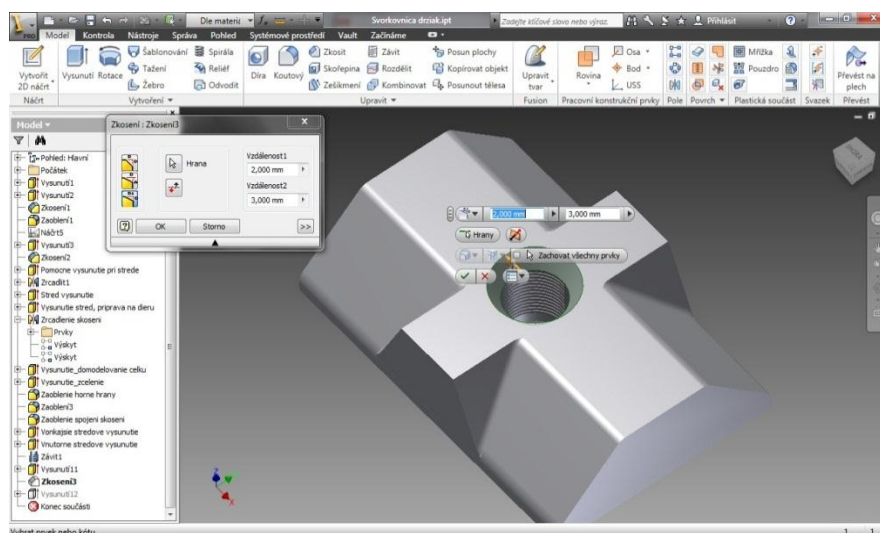
Obr.č. 51 Vytvorenie dier

Na hornej strane držiaku bol vytvorený náčrt, na ktorom boli zostrojené dve kružnice. Časť medzi dvoma kružnicami boli vysunuté, respektíve odčítané a pripravené na ďalšie operácie (skosenie).



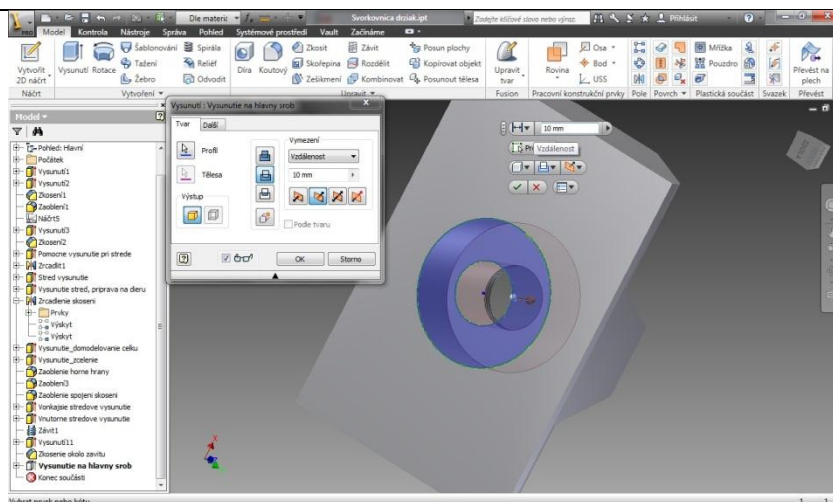
Obr.č. 52 Vysunutie na skrutka, závit

Kružnicu s menším priemerom bola tiež odčítaná od tela držiaku naprieč celým telom držiaka.



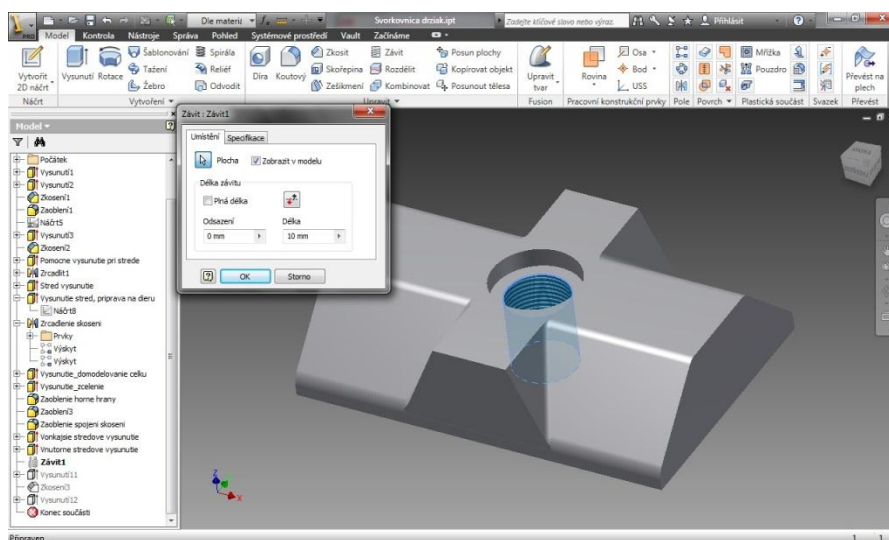
Obr.č. 53 Skosenie pre hlavu skrutky

Tvorba skosenia bola zvolená kvôli realistickejšiemu vyobrazeniu. Pri prvom pokuse bolo vytvorené skosenie avšak po priradení väzieb a zadefinovaní počiatočnej polohy (Skrutka- Držiak) priemery nekorešpondovali. Skosenie bolo väčšie, malo väčší priemer, ako priemer hlavy skrutky. Skosenie pri prvom pokuse bolo konštruované pomocou zadefinovania vzdialeností a uhlu. Následne bola použitá iná metóda, a to definovanie skosenia pomocou dvoch vzdialeností. Na vedomie bol samozrejme braný aj fakt, že pri definovaní skosenia smerom „von“, čiže vonkajšieho priemeru je hodnota braná na každý smer raz. Čiže ak mala vnútorná diera priemer 10mm a vonkajší priemer mal byť požadovaných 14mm, tak rozmer skosenia musel byť 2 ($10+2+2=14$).



Obr.č. 54 Diera pre hlavný skrutka

Z dedukcie bolo uchytenie hlavného skrutky vyriešené nasledovne. Do držiaku bola zo spodnej časti vytvorená diera s priemerom zhodným s priemerom spodnej časti hlavného skrutky. Vzhľadom na to, že samotné zasunutie hlavného skrutky do držiaku nestačí je uchytenie vyriešené pomocou skrutky do držiaku, ktorý preniká až do hlavného skrutky. Závit má opačnú orientáciu, ako závit na hlavnom skrutke, a to najmä kvôli nežiaducemu uvoľňovaniu sa pri doťahovaní vodiča vo svorkovnici. Po vysunutí diery na hlavný skrutka bol samozrejme závit znehodnotený. Presnejšie bol “useknutý“, bola zmenšená jeho dĺžka. Tento jav vôbec neprekáča vzhľadom na to, že závit ďalej pokračuje vo vnútri hlavného skrutky ako je zreteľné aj z dokumentácie pri hlavnom skrutke.

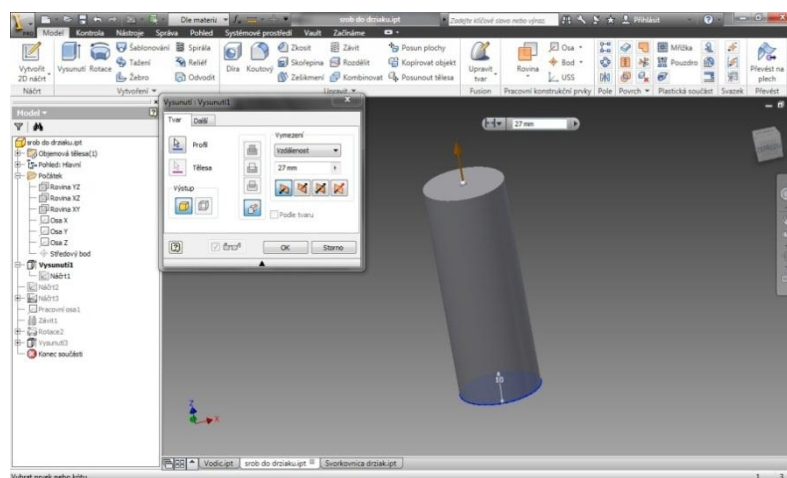


Obr.č. 55 Závit v držiaku

V diere, ktorá bola vytvorená v predošlom kroku bol ďalej vytvorený závit s normalizovanými parametrami korešpondujúcimi so závitom na skrutke do držiaku.

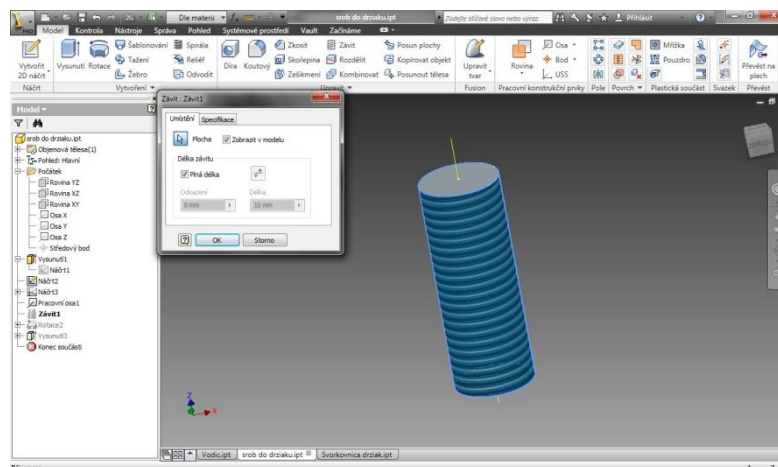
3.4 Skrutka do držiaka

Vytvorenie skrutky do držiaku spočívalo vo vytvorení *Tela skrutky* a *Hlavy skrutky*. *Telo skrutky* bolo modelované podobne ako *Vodič*. Ďalšie postupy uvádzam nižšie:



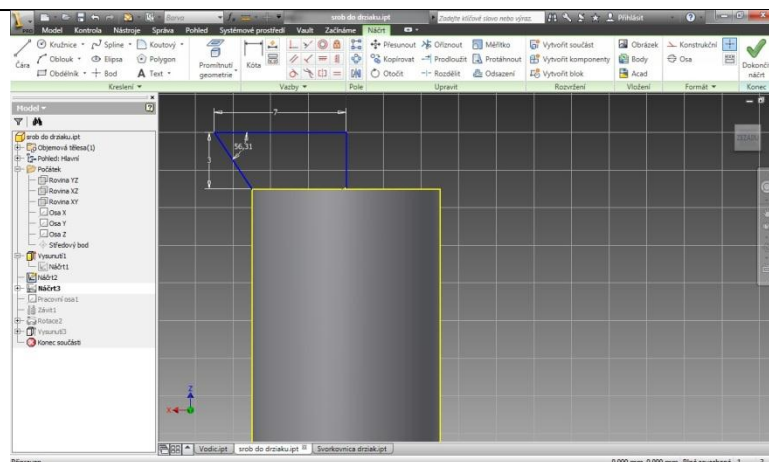
Obr.č. 56 Vysunutie tela skrutky

Priemer podstavy skrutky je 10mm a veľkosť respektíve výška vysunutia je 27mm. Tento rozmer bol zvolený, vzhľadom na to, že z reálneho modelu nebolo možné rozmer odčítať. Voľba spomínaného rozmeru bude vysvetlená pri tvorbe *Držiaku* a *Skrutky*.



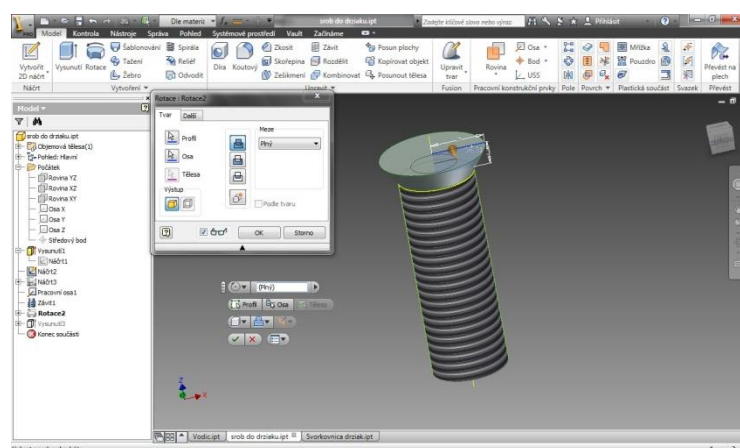
Obr.č. 57 Tvorba závitů

Závit sa dá jednoducho zostrojiť pomocou funkcie, ktorá je umiestnená v karte *Model* → položka *Závit*. Táto funkcia však vytvorí iba textúru vo forme závitů. Modelovanie 3D závitů bude vysvetlené pri časti *Hlavný skrutka*. V možnostiach modelovania samotného závitů je možné určenie presného typu závitů. Inventor však prioritne vyberie závit podľa priemeru podstavy. Všetky závitů vychádzajú z normalizovaných závitů.



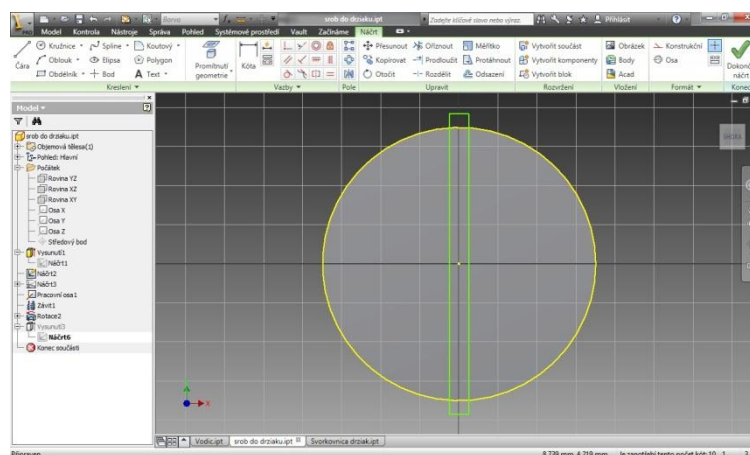
Obr.č. 58 Tvorba profilu na rotáciu

Pri tvorbe *Hlavy skrutky* sa dbalo na dieru na skrutka v držiaku. Najpresnejšie riešenie bolo vytvorenie náčrtu s profilom, pomocou ktorého bola vytvorená rotácia, „obtočenie“ okolo osi. Výsledným efektom je *Hlava skrutky*.



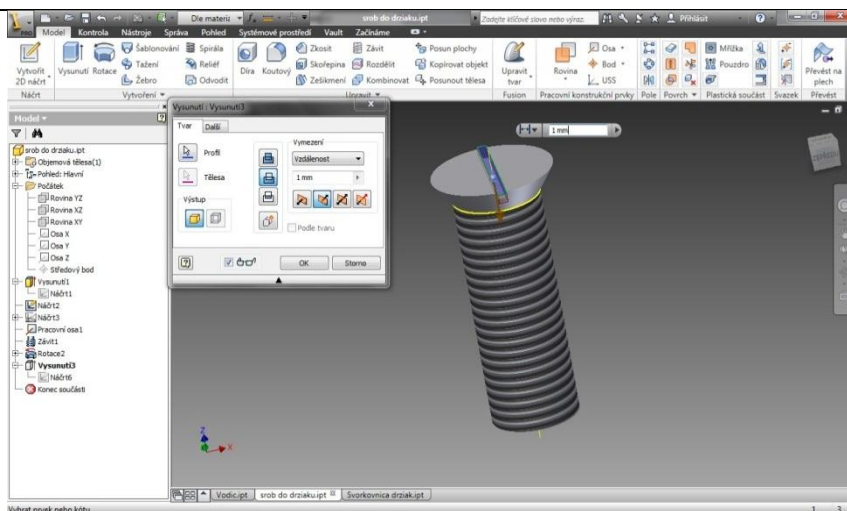
Obr.č. 59 Rotácia profilu

Výsledným efektom rotácie je vierochný model *Hlavy skrutky*.



Obr.č. 60 Náčrt zárezu hlavičky

Na hlave skrutky bol vytvorený náčrt, na ktorom sa následne vytvoril kváder, ktorý je súmerný podľa x-ovej aj y-novej osi. Pre presnejšiu tvorbu bola použitá funkcia *Zrkadlenie*.

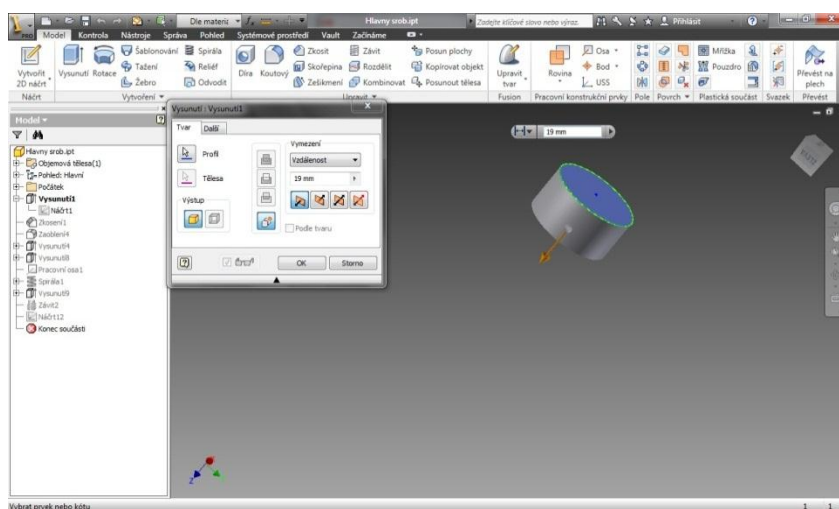


Obr.č. 61 Vysunutie zárezu

Následne bolo uskutočnené vysunutie zárezu. Pri vysúvaní bola nastavená požadovaná hĺbka. Vysunutý objekt, teleso bolo odčítané od *Hlavy skrutky*.

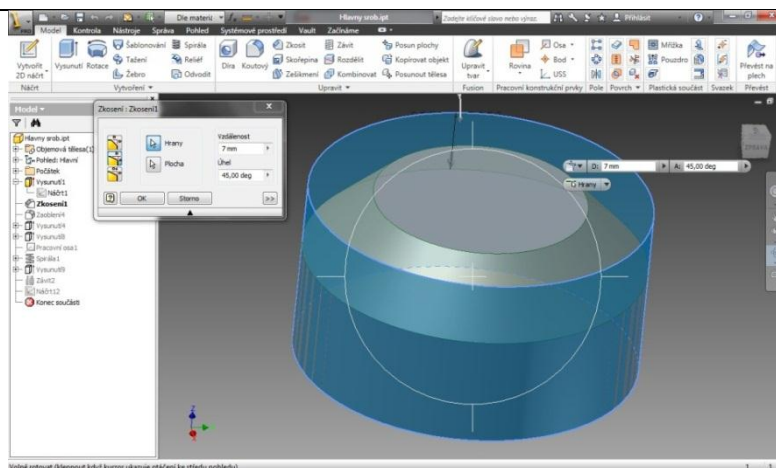
Po vymodelovaní skrutky boli pomocou vlastností nastavené materiály súčiastky, aby bolo zobrazenie čo možno najreálnejšie.

3.5 Hlavná skrutka



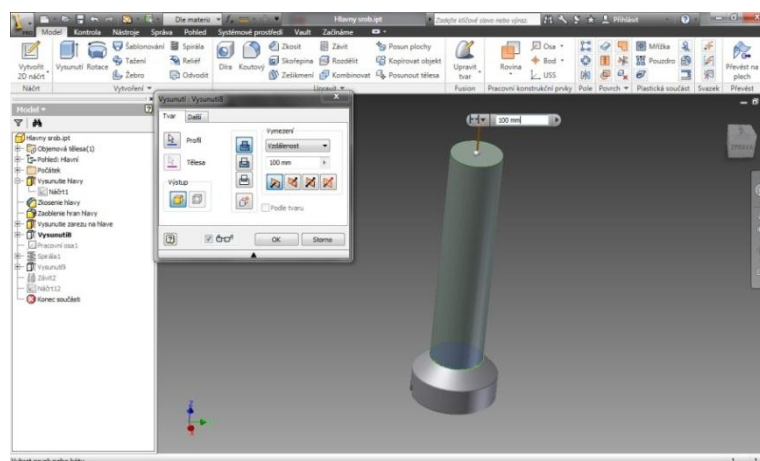
Obr.č. 62 Tvorba hlavy hlavnej skrutky

Po odčítaní rozmeru z modelu svorkovnice sa pri tvorbe hlavného skrutky začalo s tvorbou hlavy. V 2D náčrte bola vytvorená kružnicu, ktorá bola následne vysunutá na výšku 19mm.



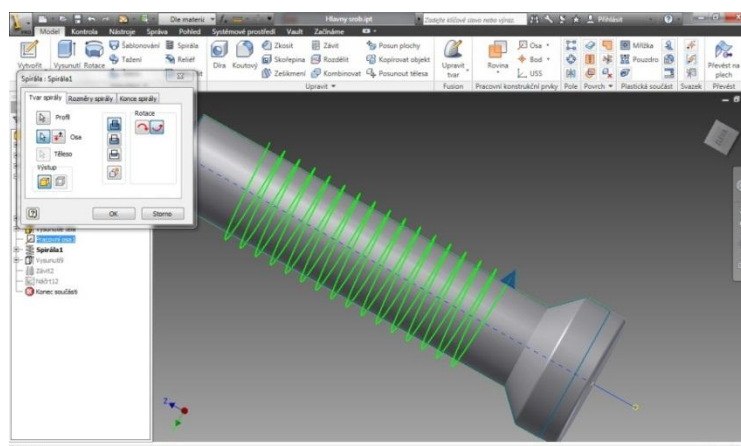
Obr.č. 63 Skosenie hlavy hlavnej skrutky

Skosenie hlavy hlavného skrutky bolo vytvorené pomocou funkcie *Skosenie*. Bola využitá možnosť skosenia podľa dvoch parametrov, a to podľa výšky skosenia a uhlu, pod ktorým bolo skosenie uskutočnené.



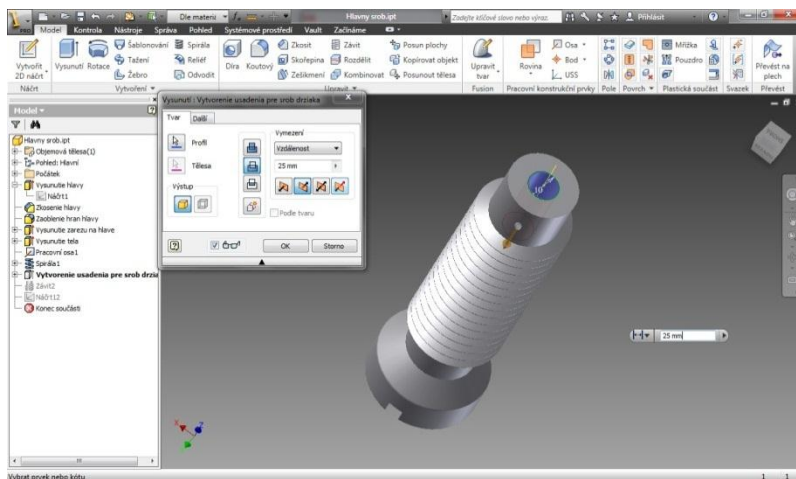
Obr.č. 64 Vysunutie tela hlavnej skrutky

Po dokončení hlavy bol vytvorený náčrt na strane nižšej podstavy, na ktorej bola vytvorená kružnica s požadovaným priemerom. Táto kružnica bola následne vysunutá. Spoj tela skrutky a zúženej časti hlavy bol dodatočne zaoblený pre lepší výsledný efekt.



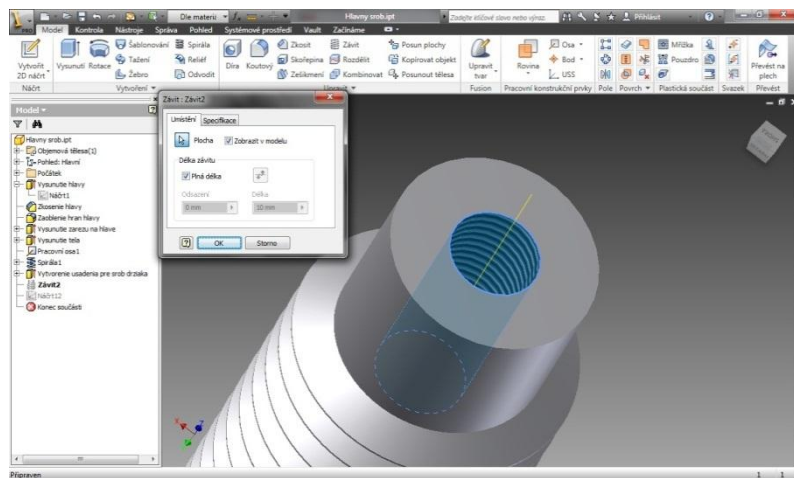
Obr.č. 65 Tvorba špirály

Pri tvorbe špirály nastali viaceré druhy komplikácií. Pôvodne som si myslel, že program Inventor ponúka aj možnosť tvorby tzv. 3D závit. Po podrobnejšom naštudovaní teórie programu, na ktorú ma odkázal samotný Inventor v možnosti tzv. HELP-u som však riešenie nenašiel, preto som zvolil možnosť tvorby špirály. Pri tvorbe samotnej špirály bolo nevyhnutné vytvorenie osi skrutky. Po zvolení kreslenia v režime náčrtu bol vytvorený 2D profil, vid' reálny model. Samozrejme nebolo prístupné profil zvoliť vo forme trojuholníka, preto bol „vrchol trojuholníka“ skosený aby výsledné zobrazenie malo črty reálneho závit. Pomocou funkcie špirály bol profil samozrejme vysunutý a zjednotený s telom skrutky. Celkový výsledok bude najzreteľnejší v konečnej animácii.



Obr.č. 66 Tvorba diery na spodnej podstave

Pri tvorbe diery na spodnej strane podstavy bol opäť vytvorený náčrt, následne bola zostrojená kružnica a vysunutá priamo do tela skrutky. Efekt diery bol vytvorený po vykonaní odčítania. Hĺbka diery bola zvolená tak, aby skrutka bol dostatočne uchytý v tele hlavného skrutky skrz držiaku.



Obr.č. 67 Závit na spodnej podstave

Finálna úprava hlavného skrutky spočívala vo „vlození“ závit do diery na spodnej podstave. Štýl textúrovaného závit je totožný so závitom skrutky do držiaku. Ibaže závit v hlavnom skrutke je rotovaný do opačnej strany ako pri skrutke do držiaku.

3.6 Tvorba animácie

Tvorba animácie bola z počiatku problematická. Na skompletizovanie vytvorených súčastí, teda súborov s príponou *.ipt bol vytvorený nový súbor „sestáv“ *.iam. Po vytvorení spomínaného súboru boli importované všetky časti projektu do súboru *.iam. Po vložení jednotlivých prvkov boli umiestnené v pracovnom okne v požadovanom poradí pomocou funkcií, *Presunúť* a *Otočiť*, ktoré sú umiestnené v paneli ponúkaných funkcií v karte *Zostavenie*→*Umiestenie*. Prvý krok pri tvorbe animácie spočíva v správnom zadaní počiatočnej polohy jednotlivých komponentov projektu. Základom definovania počiatočnej polohy je správna voľba väzieb. Použitie väzieb je najrýchlejší a najefektívnejší spôsob definovania polohy. Samozrejme existujú špecifické situácie, pri ktorých sa väzby použiť nedajú respektíve je obtiažne „vysvetliť“ programu, čo vlastne chceme“.

Pri používaní väzieb treba najmä dávať pozor na to, aby používanie väzieb bolo na mieste a nepoužívali sa zbytočne. Jednoducho s nimi treba šetriť, keďže niekedy môžu byť viac kontraproduktívne ako osožné. Animovanie častí bolo uskutočnené pomocou funkcie *Komponent*, ktorá je umiestnená na karte *Nástroje*→*Inventor studio*, avšak pomocou tejto funkcie nešlo definovať smer pohybu objektov. Vyplýva to z použitia väzieb. Nestačilo väzby vypnúť, ale bolo nutné ich úplne vymazať. Takže prvotne je nutné väzby vytvoriť, kvôli definovaniu počiatočnej polohy a následne väzby treba vymazať, aby bolo možné bez problémov pokračovať v tvorbe animácie. Po vymazaní väzieb objekty zostanú v tej polohe, ktorá bola definovaná väzbami.

Pri tvorbe animácie bolo nutné rendrovať animáciu dvakrát. Pri prvom pokuse a hlavne kvôli mojej nepozornosti som po vyrendrovaní a zhliadnutí videa spozoroval chybu, ktorá podľa môjho názoru bola závažného charakteru, a to konkrétne pri animovaní vkladania vodiča do svorkovnice, kde vodič prechádzal telom svorkovnice, čiže výsledná animácia pôsobila nedôveryhodne, neprofesionálne a hlavne nereálne. Problém spočíval v tom, že pri vodiči som nedefinoval počiatočnú polohu pomocou väzieb, ale jednoducho boli pri animácii tohto konkrétneho komponentu využité „kurzory“, pomocou ktorých bola definovaná trajektória vodiča. Ako som neskôr zistil program Autodesk Inventor 2012 a predpokladám, že aj staršie verzie programu pri animácii neberú do úvahy presné súradnice vami požadovanej trajektórie, ale smerodatná je pre program najrýchlejšie, respektíve najkratšia cesta medzi polohou na počiatku a polohou, do ktorej komponent chcete dostať. Tým pádom výsledok dopadol ako som spomínal vyššie. Po prvom omyle v animácii som sa rozhodol pridať vyššiu úroveň animácie číslo dva. Pri jej tvorbe som definoval kamery, ako aj nasvietenie pracovnej plochy. Pri nastavovaní animácie boli nastavované jednotlivé prvky, boli nastavované smer pohybu, dĺžka trvania animácie jednotlivých častí. Dĺžku trvania pohybu súčastí sa dá jednoducho nastavovať pomocou dialógového okna, v ktorom sa nachádza možnosť nastavenia. Tak isto je možné nakonfigurovať aj nábeh poprípade dobeh animácie, poprípade sa dá zvoliť konštantný časový priebeh animácie. V hlavnom okne na ľavej strane programu sú umiestnené jednotlivé prvky s operáciami, ktoré boli vykonané na jednotlivých častiach. Rovnako sú tam umiestnené aj možnosti animácie, ako sú napríklad *svetlá*, *kamery*, *animácia*,... V tejto ponuke boli zadané kamery pre jednotlivé prvky súčastí. V tomto bode tvorby animácie nastal najväčší problém. Pokiaľ boli na časovej osi pridané kamery (napríklad *kamera1*, *kamera2*, *kamera3*) za účelom priradenia každej súčiastke inú kameru nastal stav, keď sa kamera aplikovala na všetky súčiastky. Riešenie bolo spočiatku hľadané prostredníctvom „HELP-u“, ktorý aplikácia Autodesk Inventor 2012 v spolupráci s wikipediou ponúka. Avšak v týchto výukových materiáloch nebola ani zmienka či už o zmene kamier, alebo o tvorbe animácie




a používání kamier. Po niekoľkých márných pokusoch a snahe nastavenia som sa rozhodol problém vyriešiť definovaním a kopírovaním jednej kamery. Riešenie spočívalo v definovaní jednej kamery, ktorá bola nastavená na časový úsek 10 sekúnd so smerom pohľadu kamery takým, aký bol požadovaný na začiatku animácie. Tento 10 sekundový úsek kamery bol nakopírovaný do časovej osy celkovo trikrát za sebou. Pri každom 10 sekundovom úseku bola odznova definovaná poloha kamery. Tým pádom výsledný efekt je taký, že je v podstate definovaná jedna kamera s následnými znovu zadefinovanými polohami. Na časovej ose je teda kamera v jednej úrovni a po spustení animácie sa kamery menia automaticky. Samozrejme v rolovacej ponuke bolo nutné aplikovať tú kameru, ktorá bola definovaná v zmienených 10 sekundových úsekoch. Následne ďalším krokom bolo nastavenie osvetlenia. Na osvetlenie bol zvolený štýl „*Pracovná plocha*“ s dodatočným priradením ešte jedného prídavného svetla s patričným rádiusom osvetlenia. Dodatočné osvetlenie bolo nutné pridať vzhľadom na to, že na skrutku do držiaku bol vrhaný tieň od tela svorkovnice. Tento problém bol len pri prvej kamere, ktorá je zameraná na skrutkovanie skrutky do držiaku. A teda skrutkovanie by po vyrendrovaní nebolo z animácie dostatočne zreteľné. Ďalším a zároveň posledným krokom pri tvorbe animácie bolo samotné rendrovanie. Pre informáciu uvádzam celkový čas rendrovanie druhej konečnej animácie: 16hodín 08minút a 3 sekundy.

Pri tvorbe teoretickej časti sú nadobudnuté vedomosti veľmi vzácne. Tieto vedomosti boli následne aplikované pri praktickej tvorbe animovaného 3D modelu. Skúsenosti získané tvorbou praktickej časti sú osožné v mnohých smeroch. Preniknutie do pracovného prostredia a filozofie tvorby animovaného 3D modelu sú podstatné a veľmi dôležité pri ďalšej tvorbe bakalárskej práce, ktorá bude súvisieť, respektíve nadväzovať na semestrálny projekt. Vedomosti, ktoré som nadobudol pri dlhodobej tvorbe 3D modelu tvoria skúsenosti, ktoré sú cenné. Všetky získané vedomosti som podrobne popísal v pracovnom postupe. Najprospešnejší je, podľa môjho názoru, pracovný postup k tvorbe animácie. Tento postup obsahuje informácie, ktoré nie sú uvedené ani v ponuke pomoci prostredníctvom „*Wiky help-u*“, ktorú ponúka aplikácia Autodesk Inventor 2012. Kompletné pracovné postupy všetkých častí je možno v budúcnosti využiť ako učebné texty.

4 VYHODNOTENIE A ANALÝZA ZÍSKANÝCH ÚDAJOV

Táto kapitola je zameraná na zhodnotenie skúmaných svoriek z rôznych hľadísk. Význam svoriek z hľadiska princípov a funkčnosti je viac. Úlohou svorky je vytvorenie elektricky vodivé spoja medzi vodičmi, ďalej môže svorka plniť uchopovaciu funkciu jedného, poprípade viacerých vodičov. Vývoj meraných svoriek je zjavný aj z Tab. č. 5), kde sú zobrazené základné informácie o svorkách. Vývin je zrejmý aj zo zabezpečenia HP. Väčší počet HP zodpovedá väčšej kvalite svorky. V historicky najstaršej meranej svorky sú uvedené HP. Vývin je viditeľný zo zabezpečenia základných HP (svorka 1) a pri ďalších vyvíjaných svorkách sú „základné“ HP zo svorky 1 obohatené ďalšími. Ďalej sú v tabuľke uvedené žiaduce a nežiaduce vlastnosti zistené pozorovaním svoriek. Čím je svorka viac vyvinutá, tým má viac žiaducich a menej nežiaducich vlastností. Zvyšovaním požadovaných vlastností svoriek a znižovaním nežiaducich vlastností pri vývoji svorky je dosiahnutie jej ideálnosti.

Tab. č. 5) Zhodnotenie meraných svoriek

Č.	Svorky	Využitie HP	Vlastnosti svoriek	
			Žiaduce	Nežiaduce
1		1, 2, 3, 7, 8, 27, 34, 40	Jednoduchá manipulácia, materiál kontaktných plôch dobre vodivý, nízka cena	Vysoký prechodný odpor, otepľovanie svorky, nízka životnosť, deštrukcia, korózia, uvoľňovanie vodičov, uvoľňovanie uchytenia svorky
2		1, 2, 4, 7, 8, 9, 15, 20 a., 27, 34, 38, 40	Jednoduchá manipulácia, čiastočná odolnosť voči vplyvom okolia, jednoduché a trvalé upevnenie svorky, materiál kontaktných plôch lacný a dobre vodivý, nízka cena	Veľký prechodný odpor, otepľovanie svorky, deštrukcia, korózia, čiastočné uvoľňovanie vodičov, nízka životnosť
3		1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 15, 20, 27, 37, 40	Minimálny prechodný odpor, jednoduchá manipulácia, čiastočná odolnosť voči vplyvom okolia, ideálnosť kontaktu, bezpohybové uchytenie vodiča/vodičov, jednoduché a trvalé upevnenie svorky, materiál kontaktných plôch lacný a dobre vodivý, životnosť, cena	Možná deštrukcia plastu v oblasti hlavy skrutky

Grafy zobrazené na obr.č. 14, 16 a 18 pri analýze jednotlivých svoriek obsahujú grafické závislosti pri každej svorky. Líšia sa najmä v hodnote odporu. A to konkrétne pri akom uhle natočenia ϕ sa prechodový odpor svorky začal zvyšovať. Tento jav je zapríčinený rôznymi premen-

nými. Základom je dimenzovanie skrutky, ktorá slúži na uchytenie vodiča/vodičov. Hustota štruktúry závitů skrutky svorky je faktor, ktorý najviac ovplyvňuje výsledné grafické závislosti jednotlivých svoriek.

Prechodný odpor svorky ovplyvňujú rôzne faktory, a to hlavne spôsob prevedenia kontaktu. Pri svorke 3 (viď kapitola 2.6 Ad HP 8) a 9)) je kontakt zabezpečený proti vyklznutiu vodiča. Tento spôsob kontaktu medzi vodičom a svorkou je najmenej rizikový z hľadiska uvoľňovania vodiča a zároveň najefektívnejší čo sa prechodného odporu týka. Prechodný odpor ďalej závisí aj na druhu materiálu vodičov, miere korózii svorky. Ďalej dôležitým faktorom je aj vek svorky, poprípade opotrebovanie. Častým pripájaním vodičov, pri skrutkovom kontakte môže dôjsť k postupnému opotrebovaniu hrotu skrutky, následkom čoho je menej dokonalý kontakt (ojedinelé prípady, najmä staršie typy svoriek).

4.1 Zhodnotenie práce

V teoretickej časti práce je uvedený prierez novodobými svorkami od firmy Phoenix. V práci nie je uvedený širší prehľad novodobých svoriek vzhľadom na dovolený rozsah práce. V praktickej časti práce sú uvedené získané poznatky a skutočnosti z meraní. Cieľom tejto časti práce bolo porovnanie starších svoriek s novodobými svorkami na základe ich vlastností. Tieto získané údaje sú uvedené v *tab.č. 5*). Jednotlivé svorky boli opísané tými heuristickými princípmi, ktoré sú v danej svorke zabezpečené. Ďalej je pri každej svorke uvedená tabuľka požadovaných a nežiaducich vlastností danej svorky. Tieto informácie boli získané pozorovaním ich aktuálneho stavu alebo správania sa svorky počas merania. Tabuľky nameraných hodnôt, z ktorých boli vynesené grafické závislosti prechodného odporu na uhle natočenia skrutky pre jednotlivé svorky sú uvedené v prílohe. Podrobné popisy jednotlivých svoriek sú uvedené v kapitole číslo 2. Animovaný 3D model svorky bol využitý zo semestrálneho projektu. Postup modelovania a tvorby animácie je uvedený v kapitole číslo 3.

5 ZÁVER

Cieľom bakalárskej práce bolo vytvorenie si prehľadu z problematiky svoriek a ich prevedenia. Ďalej získanie potrebných informácií z meraní na základe, ktorých bolo možné urobiť ich zhodnotenie a vytvorenie animovaného 3D modelu svorky ako názornej ukážky funkcie svorky. Tieto ciele bakalárskej práce boli splnené.

V kapitole číslo 1 sú uvedené základné informácie o používaných materiáloch vodičov a ich vlastností, spôsoby prevedenia kontaktov medzi svorkou a vodičmi a spôsoby prevedenia svoriek. Ďalej sú uvedené základné informácie o rade svoriek Clipline od firmy Phoenix contact. Táto kapitola bola spracovaná na základe informácií získaných zo zdrojov, ktoré sú uvedené v použitej literatúre. Kapitola číslo 2 má praktické zameranie. Sú v nej uvedené informácie získané meraním a aplikovaním heuristických princípov na dané svorky. Zo získaných nameraných hodnôt boli vytvorené grafické závislosti uvedené v práci. Tabuľky nameraných hodnôt sú uvedené v prílohe. Cieľom kapitoly číslo 3 bolo vytvorenie animovaného 3D modelu svorky. V tejto kapitole je uvedený pracovný postup zhotovovania svorky aj s popisom vytvárania animácie. Animácia je priložená na nosiči CD.

Práca by ďalej mohla smerovať k inovácii svoriek a zlepšovaniu tým ich vlastností, poprípade potlačeniu nežiaducich vlastností svoriek.

LITERATÚRA

[1]

Phoenix kontakt: Svorky a příslušenství CLIPLINE. [online]. [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.phoenixcontact.cz/terminal-blocks/171.htm>

[2]

Svorkovnice. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Svorkovnice>

[3]

IN-EL. KŘÍŽ, Michal. IN-EL, spol. s r. o. [online]. 05.04.2009. 2009 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z: <http://www.in-el.cz/?t=201&p=101676>

[4]

DEVOJNO, I. , překlad Bohuslav BUŠOV. INDUSTRIZ. *Zdokonalování technických systémů metodami TRIZ*. Brno, 1997.

[5]

VESELKA, F., poskytnuté podkladové materiály. Brno, 2012.

PRÍLOHY

Tab. č. 6) Namerané hodnoty na prípravku

Uvoľňovanie hlavnej skrutky				Uvoľňovanie skrutky na kontakte	
Skrutkový kontakt		Spájkovaný kontakt		Skrutkový kontakt	
R	ϕ	R	ϕ	R	ϕ
[Ω]	[°]	[Ω]	[°]	[Ω]	[°]
0,01	0	0,05	0	0,01	0
0,01	1	0,06	1	0,09	45
0,03	2	0,06	2	0,15	90
0,04	3	0,06	3	0,35	180
0,04	4	0,06	4	0,55	360
0,04	5	0,06	5	0,68	540
0,05	10	0,09	10	0,93	720
0,04	20	0,12	20	<u>Uvoľnenie vodiča</u>	
0,06	30	0,2	30		
0,04	80	0,15	80		
0,07	180	0,51	180		
0,09	260	0,7	260		
0,16	360	0,73	360		
0,4	400	0,75	400		
0,6	480	0,77	480		
0,8	500	0,81	500		
1	520	0,84	520		
1,12	540	0,86	540		
1,08	720	1,25	720		
1,09	810	1,29	810		
1,13	900	1,32	900		
1,12	1080	1,49	1080		
<u>Uvoľnenie hlavného vodiča</u>					

Tab. č. 7) Namerané hodnoty svorky č. 1

Velká skorodovaná svorka - svorka č. 1			
Prechodný odpor celkový		Prechodný odpor jednej svorky	
R	ϕ	R	ϕ
[Ω]	[°]	[Ω]	[°]
0	0	0	0
0	90	0,21	90
1,05	180	0,7	180
UVOĽNENIE	270	0,96	270
		1,43	360
		1,07	360
		0,67	270
		0,5	180
		0,27	90
		0	0

Tab. č. 8) Namerané hodnoty svorky č. 2

Svorka č. 2	
R	ϕ
[Ω]	[°]
0	0
0	180
1,03	360
0,5	270
0,7	300
Uvoľnenie vodiča	

Tab. č. 9) Namerané hodnoty svorky č. 3

PHOENIX - Svor- ka č. 3	
R	ϕ
$[\Omega]$	$[\circ]$
0	0
0	90
0	180
0	270
0	360
0	450
0	540
0,07	630
UVOLNENIE	720